



Facultad de Ingeniería

Ingeniería Aeronáutica

Tesis:

“Diseño de Aeropuerto en el distrito de
Huacho provincia de Huaura – Región Lima”

Brizard Condori Mamani
para optar el Título Profesional de Ingeniero
Aeronáutico

Asesor: Stuart Abel Rivera Castillo

Lima – Perú
2020

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos y a todas las personas que contribuyeron en tiempo y espacio para la elaboración del presente trabajo.

Dedico también a la plana de docente de la facultad que gracias a ellos he podido adquirir conocimientos profesionales de la especialidad en aeronáutica, y gracias a mi asesor por mostrar experiencia y paciencia en el desarrollo de la tesis.

AGRADECIMIENTO

De igual manera a mis padres y hermanos que siempre confiaron en mi capacidad y mi dedicación para el logro de los objetivos.

A la Universidad Tecnológica del Perú por la plana de docentes y personal administrativo quienes me acogieron de la mejor manera para mi desarrollo profesional y a su vez de manera especial a mi asesor que me ha apoyado y ha sido de gran inspiración para realizar el presente proyecto aeroportuario debido a su gran experiencia.

RESUMEN

El presente trabajo corresponde al diseño de un aeropuerto para el distrito de Huacho, Provincia de Huaura, Región - Lima tomando en cuenta el análisis de lado aire y lado tierra. Se compone de los antecedentes de la investigación, marco teórico, aspecto socioeconómico, metodología de solución y estudio de la demanda y diseño. Los trabajos previos en relación al tema de estudio brindaron un alcance y aporte para los diferentes escenarios y actividades de desarrollo aeroportuarios. Asimismo, el marco teórico describe los conceptos para el diseño y gestión de infraestructuras aeroportuarias basados en demanda de aeronaves y pasajeros. Del estudio socioeconómico se logró identificar los sectores que serán potencializados por la implementación, incrementando sus índices en materia de desarrollo como trabajo, transporte, turismo, etc. En la metodología de la investigación se determinó las fases de elección para el nuevo emplazamiento ubicado a 10 min en auto del centro de la ciudad de Huacho. Para el estudio de la demanda y diseño, se logró el análisis con los parámetros AHP y PHP obteniendo 1,137 a 2,841 pasajeros hora punta y de 10 a 25 aeronaves respectivamente. En el horizonte de desarrollo del proyecto de 0 - 20 años, una pista de 3,200 m de longitud con una orientación de 0 - 20, un sistema de calle de rodaje con salida rápida a 1,400 m y una plataforma de 230 m x 488.03 m. De igual manera también se ubicó la torre de control con las características necesarias. Concluyendo de manera integral a que los datos obtenidos son admisibles según la normativa de la OACI y la IATA para el diseño aeroportuario en el distrito de la ciudad Huacho resultando favorable su emplazamiento y ubicación.

Índice

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN.....	III
LISTA DE ANEXOS	VI
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABLAS	VIII
ABREVIATURAS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	X
1 CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES A LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes Internacionales.....	1
1.2 Antecedentes Nacionales	6
2 CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 Infraestructura	10
2.1.1 Infraestructura Aeroportuaria	11
2.1.2 Plan Nacional de infraestructura para la conectividad	12
2.1.3 Necesidades de infraestructura en el Perú	13
2.2 El Aeropuerto como nodo multimodal	14
2.2.1 El aeropuerto como polo de desarrollo	15
2.2.2 Consideraciones sobre la importancia de la configuración del sistema aeroportuario	16
2.2.3 Gestión Aeroportuaria Delimitación.	17
2.3 Gestión de la Capacidad Aeroportuaria	18
2.3.1 Capacidad y demora	19
2.4 La propiedad y la gestión aeroportuaria.....	21

2.4.1	Tipos de gestión	22
2.4.2	Tipos de propiedad	22
2.4.3	Inversiones en Infraestructura Aeroportuaria	23
2.5	Respecto al régimen de tarifas	23
2.6	Plan maestro de aeropuerto.....	24
2.6.1	Demanda de transporte	25
2.7	Tema y Título	25
2.7.1	Título:	25
2.8	Problemática	26
2.9	Justificación del tema.....	26
2.10	Objetivos	28
2.10.1	Objetivo principal.....	28
2.10.2	Objetivos específicos	28
3	CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO	30
3.1	Metodología de la investigación.....	30
3.2	Aspecto Socioeconómico.....	32
3.3	Ubicación y elección del sitio	34
3.3.1	Justificación de la ubicación.....	34
3.3.2	Elección del Sitio.....	36
3.4	Existencia de operaciones de vuelo en el distrito	47
4	CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE LA DEMANDA Y DISEÑO	48
4.1	Estudio de demanda de pasajeros.....	48
4.2	Propuesta de diseño	62
4.3	Diseño de los elementos aeroportuarios requeridos.....	63
4.3.1	Pista	63
4.3.2	Calle de rodaje	68

4.3.3	Plataforma.....	75
4.3.4	Torre de Control.....	80
4.4	Diseño de instalaciones de apoyo	81
4.4.1	Hangares.....	81
4.4.2	Zona de combustible.....	81
4.5	Diseño del edificio	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		98
CONCLUSIONES.....		98
RECOMENDACIONES.....		101

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1:	Plano de pista y calle de rodaje.....	104
Anexo 2:	Plano terminal de pasajeros y estacionamiento.....	105
Anexo 3:	Plano de aviación general, hangar y torre de control.....	106
Anexo 4:	Plano torre de control, unidad de emergencia y de combustible.....	107
Anexo 5:	Plano de la plataforma de aeronaves.....	108
Anexo 6:	Plano general del aeropuerto de Huacho.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Indicador de calidad de infraestructura [17]	14
Figura 2:	Curva de Capacidad / Demora [20]	20
Figura 3:	Esquema General de Plan Maestro	25
Figura 4 :	Distancias entre aeropuertos en la región Lima	36
Figura 5:	Imagen aérea de las posibles ubicaciones del Aeropuerto	37
Figura 6:	Nivel topográfico, perfil longitudinal 1	38

Figura 7: Nivel topográfico, perfil longitudinal 2.....	38
Figura 8: Nivel topográfico, perfil longitudinal - alternativa 1	39
Figura 9: Nivel topográfico, perfil longitudinal – alternativa 2	39
Figura 10: Accesibilidad para ambas alternativas	40
Figura 11: Carta de Navegación de ruta - espacio aéreo inferior [24].....	41
Figura 12: Carta de Navegación de ruta - espacio aéreo superior [24].....	42
Figura 13: Ampliación de carta de Navegación de ruta el espacio aéreo superior [24]	43
Figura 14: Zona arqueológica de la Bandurria y playas en el distrito de Huacho	44
Figura 15: Lugares Turísticos del distrito de Huacho y sus cercanías [25]	45
Figura 16: Temperatura Máxima y mínima promedio [26].....	45
Figura 17: Categorías de nubosidad [26]	46
Figura 18: Velocidad del viento [26]	46
Figura 19: Dirección de la velocidad del viento [26]	47
Figura 20: Población desde el 2008 y con proyección al 2042	53
Figura 21: Evolución Mensual de Pasajeros por año a nivel nacional 2010 – 2019 [28] ..	58
Figura 22: Evolución Mensual de Pasajeros nacionales y del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez 2010 – 2019.....	59
Figura 23: Evolución previsible del aeropuerto de Huacho	60
Figura 24: Peso máximo al despegue /longitud de pista para el Airbus 321 [36].....	65
Figura 25: Longitud de pista.	66
Figura 26. Distribución de la fuerza del viento según método de la rosa de los vientos [37]	67
Figura 27: Etapas de ampliación de un sistema de calles de rodaje [38].....	69
Figura 28: Configuración de calle de rodaje avanzada	69
Figura 29: Curva de calle de Rodaje [38]	70
Figura 30: Trayectoria del extremo del ala inferior – eje de la calle de rodaje [38]	71
Figura 31: Método de tres segmentos [38]	71

Figura 32: Trazado de calle de salida rápida – clave 3 o 4 [38]	73
Figura 33: Dimensionamiento mínimo entre aeronaves Airbus 320	76
Figura 34: Conexión de aeronaves con el edificio terminal [38]	78
Figura 35: Configuración de aeronaves en la plataforma	79
Figura 36: Torre de control con visión crítica por consola [39]	80
Figura 37: Dimensionamiento interno y externo a considerar para el Hangar	81
Figura 38: Configuración del servicio de atención en tierra [38]	82
Figura 39: Configuración terminal de pasajeros, primer nivel [39]	83
Figura 40: Configuración terminal de pasajeros, segundo nivel [39]	83
Figura 41: Configuración geométrica del edificio terminal nivel 1	94
Figura 42: Configuración geométrica del edificio terminal nivel 2	94
Figura 43: Proyección del aeropuerto de Huacho	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Demanda de pasajeros [4]	25
Tabla 2: Cifras del aeropuerto Jorge Chávez – Operaciones e Infraestructura	31
Tabla 3 :Cantidad de población por provincias y distritos [27]	50
Tabla 4: Cantidad de población de impacto directo del aeropuerto de Huacho en el año 2042	53
Tabla 5: Tráfico mensual de pasajeros en los aeropuertos y aeródromos del Perú [28] ..	54
Tabla 6: Demanda de pasajeros de hace 20 años [28]	55
Tabla 7: Variación porcentual del tráfico de pasajeros desde el 2010 hasta el 2019 [28].	56
Tabla 8: Tráfico de pasajeros promedio de movimientos nacionales desde el año 2000 hasta el 2019	58
Tabla 9: Flotas de las Empresas en la actualidad	61
Tabla 10: Capacidad de pasajeros promedio por aeronave	61
Tabla 11: Demanda en el horizonte inicial y de desarrollo	62

Tabla 12: Clave de referencia de aeródromo [35]	63
Tabla 13: Características de los principales aeropuertos – longitud de pista.....	64
Tabla 14: Características geométricas de la pista.....	67
Tabla 15: Características físicas para el diseño de una calle de rodaje [38].....	74
Tabla 16: Características físicas para el diseño de la calle de rodaje	75
Tabla 17: Distancia libre entre aeronaves [38]	76
Tabla 18: Separación mínima en las calles de rodajes y la plataforma [38]	77
Tabla 19: Dimensiones de aeronaves y giro [38]	77
Tabla 20: Tiempos medios de ocupación en (min) de aeronaves [39].....	78
Tabla 21: Resumen de áreas y módulos	93
Tabla 22: Resumen personal de servicio	95

Abreviaturas

ADRM	: Airport Development Reference Manual (Manual de Referencia de Desarrollo Aeroportuario)
AHD	: Aeronaves Hora Diseño.
AHP	: Aeronaves Hora Punta.
ASDA	: Accelerate Stop Distance Available (Distancia de Aceleración – Parada Disponible).
CWY	: Clear Way (Zonas Libres de Obstáculos).
DGAC	: Dirección General de Aviación Civil.
FAA	: Fuerza Armadas
IATA	: International Air Transport Association (Asociación Internacional de Transporte Aéreo).
IFR	: Instrumental Flight Rules (Reglas de Vuelo Instrumental).
ILS	: Instrumental Landing System (Sistema de Aterrizaje Instrumental).
LDA	: Landing Distance Available (Distancia de aterrizaje disponible)

MPL : Maximun Payload (Máxima carga de pago).

MTC : Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

MTOW: Maximun Take – Off Weight (Peso máximo de despegue).

OCDE : Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

OEW : Operating Empty Weight (Peso operativo en vacío).

OACI : Organización de Aviación Civil Internacional.

PEA : Punto de Estacionamiento Aislado.

PHD : Pasajeros Hora Diseño.

PHP : Pasajeros Hora Punta.

RAP : Regulación Aeronáutica del Perú.

RESA : Runway end safety area (Área de seguridad de extremo de pista).

RPAS : Remotely Piloted Aircraft System (Sistema de aeronave pilotada a distancia).

SWY : Stop Way (Zona de parada).

TODA : Take – Off Distance Available (Longitud de Recorrido de Despegue).

TORA : Take – Off Run Available (Longitud de Recorrido Disponible).

TOW : Take - Of Weight (Peso de Despegue).

VFR : Visual Flight Rules (Reglas de vuelo Visual).

VTOL : Vertical Take-Off and Landing (Vehículo de Despegue y Aterrizaje Vertical).

WEF : World Economic Forum (Foro Económico Mundial).

INTRODUCCIÓN

En el presente documento como propuesta se elabora en base a la necesidad de una nueva infraestructura aeroportuaria en la región norte de Lima. Esta contempla el diseño de los espacios requeridos para la operación de los elementos en la localidad de Huacho.

De manera preliminar se realiza una búsqueda del sitio donde se implementará el aeropuerto correspondiente la cual debe tener las condiciones mínimas para la implementación. Se realiza también el análisis de la orientación del viento. En adición, se incluye las consideraciones necesarias para el estudio del diseño de los elementos que constituyen a un aeropuerto como la terminal de pasajeros, plataforma, pista, calle de rodaje, torre de control e instalaciones de apoyo.

Se explica y se concluye la categoría del aeropuerto y la configuración de los elementos aeroportuarios para la obtención de un flujo normalizado de pasajeros y aeronaves. Se incluye a su vez recursos humanos para las operaciones y servicios con los espacios requeridos del aeropuerto teniendo como fuentes de información el documento Doc. 9157 de la OACI y las recomendaciones que de la IATA para diseño de aeropuertos. De igual manera documentos de instituciones estatales y privadas para las informaciones estadísticas de demanda de pasajeros y aeronaves se encuentran incluidas. El cálculo del diseño se realiza sin considerar asuntos legales u otra índole.

CAPÍTULO 1.

ANTECEDENTES A LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo cuenta con los siguientes antecedentes referidos por profesionales en aeronáutica a nivel nacional e internacional. Algunas de ellas hacen referencias a trabajos realizados por autores de especialidad de ingeniería civil, arquitectos, entre otros. Ya sea una propuesta de realizar una mejora, ampliación e implementación referente a la explotación de una infraestructura aeroportuaria desde un elemento hasta el sistema completo de un aeropuerto. Todos ellos realizándolo en base a la normativa de la OACI Doc. 9157 y las recomendaciones que da la IATA para diseño de aeropuertos.

1.1 Antecedentes Internacionales

Necesidad de la ampliación de un aeropuerto en Nicaragua [1]. Respecto a la terminal del aeropuerto de Corn Island debido al crecimiento de la cantidad de pasajeros que anualmente da servicio provoca problemas de facilitación en las instalaciones. Estas necesidades son el aforo exhausto de personas y congestión, por ende, demoras en el traslado y flujo de las personas al servicio resultando en esto deficiencias en la calidad de servicio. El planteamiento de la solución para estos problemas en la terminal fue realizar los respectivos cálculos de aforo resultando en la ampliación de nuevas salas, ambientes e infraestructuras necesarias para la fuerte demanda existente haciendo que, de tal manera, se mejore. Con respecto a los alcances técnicos fue necesario el estudio de demanda y capacidad para el tráfico y pronósticos existentes.

De lo mencionado por parte del autor donde se aprecia el análisis que aporta en gran medida a la investigación del presente documento es la consideración del estudio de demanda de tráfico de aeronaves y pasajeros. En relación al diseño aeroportuario de la terminal se objeta los espacios requeridos tanto en la zona pública como en la zona privada y otros espacios.

Respecto al espacio aéreo se realizó el estudio aeronáutico [2] para la reapertura del aeródromo de Tablada el cual busca la realización de los vuelos deportivos y de entrenamiento. Las condiciones de operación de los vuelos fueron del tipo VFR y vuelos con ayuda de Instrumentos ILS - Instrumental Landing System y cartas de navegación. En las operaciones de vuelo existieron dificultades respecto al espacio aéreo en diferentes alturas. Se tomó luego del análisis una altura de franqueamiento de 400 pies lo cual significaría la alternativa de solución para evitar posibles colisiones con obstáculos u objetos móviles en las operaciones de tal manera que esta altura deba considerarse de estudio en conjunto con los diferentes emplazamientos que existe en Tablada y sus alrededores. De acuerdo a las recomendaciones en el Manual de Diseño de Aeródromos, Doc. 9157, otra solución sería forzar a cambiar la orientación de la pista teniendo la consideración que la salida Sur es la solución generando así el desarrollo del proyecto de manera positiva. Este criterio contribuye a hacer un reconocimiento previo y familiarizarse para el circuito de vuelo respecto al tipo y fases como son viento en cola, viento cruzado, viento en cara, velocidad del viento y visibilidad.

Se entiende como aporte a la investigación la importancia de los análisis y estudios que se realizan de manera ordenada y refrendado por el Doc. 9157 de OACI evitando alteraciones mayores que como solución pueden ser una alternativa pero que representarían inversiones mayores que podrían ser alteradas por otras condiciones o nuevas situaciones en su implementación como condiciones meteorológicas no previstas.

El turismo como gran sector que impulsa de manera económica una región o país [3]. El autor enfatiza la necesidad de potencializar las infraestructuras aeroportuarias del país

para generar incrementos en la economía y mejorar los servicios en las instalaciones del aeropuerto. Son estas iniciativas que generan de manera coordinada con muchos organismos. Se considera para la pista de longitud 1,500 m, flexibilizar el diseño para luego expandirlo a una extensión de 345,267.61 m² que no se está aprovechando en su totalidad obteniendo así un incremento en la pista de 1,750 m a través de diagramas, cálculo de aforos, operaciones tipos de aeronaves que relacionan los servicios administrativos y operacionales. Las propuestas arquitectónicas resultan como objetivo incrementar, viabilizar y hacer atractivo para el desarrollo del sector turismo, religioso, flora y fauna. Con el desarrollo del diseño aeroportuario se busca la viabilidad del proyecto a través de municipios y diferentes entidades de administración, regulación y gestión de proyectos.

En base a lo argumentado por el autor se considera para la presente investigación el estudio de la demanda que genere alternativas en el horizonte de desarrollo. Se pretendió realizar el análisis de la justificación del sitio destinado a la ubicación del aeropuerto a partir de diferentes alternativas considerando los diferentes sectores para el fomento y acceso a las condiciones que propicien y aumenten el aspecto socioeconómico como el turismo en la localidad o región. El aeropuerto muchas veces no representa el único medio para lograrlo pero si una alternativa o medio ideal y seguro para consolidar crecimiento y desarrollo trabajando estrechamente con las diferentes entidades y organismos.

Diseño del área o campo de vuelos de un aeropuerto [4]. Para el cálculo de longitud de pista se destacó algunos cálculos aquí explicados. Para el caso de despegue se obtiene sumando OEW (peso de la aeronave sin carga de pago ni combustible, pero con pasajeros), la MPL (máxima carga de pago admisible) y la carga de combustible requerida para la distancia de 1,852 m. El TOW se calcula por interpolación para los valores que indica las curvas en el diagrama alcance – carga de pago, donde el punto que cruza la línea horizontal de máxima carga de pago con la línea vertical para un alcance de 1,852 m, se llega a obtener el TOW de 157,400 kg, TORA estándar 1,970 m y TORA corregida de 2,735 m.

Del estudio realizado por el autor para la elaboración del presente documento contribuye para la consideración de datos como las especificaciones técnicas de aeronaves para la obtención favorable de una pista técnicamente requerida y otros elementos aeroportuarios. Dicha información del TOW logra determinar la longitud mínima de la pista en relación a las condiciones físicas de la ubicación del futuro aeropuerto.

Datos estadísticos de la población en ciudades colindantes [5]. La información demográfica y la información de la población como sexo, mortalidad, edad, son importantes para hacer estimaciones iniciales y futuras. Es así como de acuerdo a esos comportamientos estimados y analizados evolucionará el aeropuerto. El impacto en la sociedad y su ubicación son determinantes. En el caso del aeropuerto de Burgos obedeció a una solución adaptada que consistió en rechazar otras alternativas las cuales fueron analizadas y se justificó no tomar ninguna de ellas analizando inclusive los impactos positivos de las mismas. Resultó así que el aeropuerto ubicado en Burgos, que se encuentra a un extremo de la ciudad, ha influenciado en la ejecución de proyectos posteriores que han repercutido en la agricultura, entre otros.

Según lo analizado por el autor para el estudio del presente documento se deberá realizar la búsqueda de nuevos emplazamientos en la zona norte de la región Lima de manera conjunta. Con el objetivo de minimizar el impacto en el medio ambiente existe la necesidad de tomar como variable del proyecto el impacto en la población y ciudades vecinas para que el crecimiento en conjunto de ciudad aeropuerto sea sostenible.

Configuración de los estacionamientos en la plataforma del aeropuerto [6]. Se debe tener en cuenta la distancias mínimas entre aeronaves, tipos de aeronaves, configuración de puestos de estacionamiento, abastecimiento de combustible y atención en tierra. Todos estos parámetros de acuerdo al Manual de Diseño de Aeródromos Doc. 9157 donde se describe las fases para el diseño y la operación. Asimismo, se tuvo en cuenta los sistemas de drenaje, de las áreas pavimentadas y no pavimentadas, las pendientes, el sistema de señalización, entre otros. Esto debido a la necesidad de ampliación por el crecimiento de

la demanda de tráfico aéreo. La importancia en el desarrollo de la plataforma radica en la capacidad de operación en los referenciados aspectos. La prontitud hacia el punto de inicio de recorrido para el despegue y la salida luego del aterrizaje la misma que deberá realizarse de manera segura. Se considera los espacios de las áreas adicionales para los giros tanto en la salida como la entrada, así como el punto de estacionamiento aislado (PEA) para casos de emergencias.

Respecto al estudio realizado por el autor para la presente investigación aporta en considerar que las modificaciones de la plataforma generan modificaciones que impactan en la configuración geométrica en conjunto como el área de movimiento del aeropuerto (lado aire) y en el terminal de pasajeros en gran medida. Por ello se debe realizar la demanda de pasajeros antes de un análisis geométrico de los elementos de lado aire.

Superficie limitadora de obstáculos [7]. El autor considera los parámetros de los espacios requeridos según su categoría. Para la operación del aeropuerto se debe prever las servidumbres de operación cubiertas por estas superficies tales como la superficie de aproximación. En el aeropuerto de Medina de la ciudad de Cundinamarca, con número de clave 3 para el despegue por parte norte de la pista. Por la parte sur las características físicas son de borde interior de 180 m (tomando 90 m para cada extremo desde el eje de pista). Se considera la distancia del borde interior con 15,000 m hacia el borde exterior y elevación de 1,277.56 m y pendiente de aproximación 2%. Existen 2 lados que surgen de los límites del borde interior y que divergen de manera uniforme con mira de 12.5%. Con relación a la proyección del eje de pista hasta un ancho de 1800 m correspondiente borde exterior.

Con respecto a lo considerado por el autor para la investigación se proyecta a evaluar que, por medio de la búsqueda del sitio, se garantizará que no se encuentre problemas por la orientación de la pista en relación a los objetos fijos que puedan causar dificultades en procedimientos de despegue y/o aterrizaje. Es por eso su respectiva delimitación y análisis en la elaboración del diseño aeroportuario.

Estacionamientos, cantidad y forma [9]. Para el presente estudio se utiliza como parámetro de diseño de la plataforma el AHP. Se ha propuesto 12 en la que deben estar estacionadas las aeronaves clase A y B separadas de las de Clase C y D. Asimismo para el viraje en la plataforma deberán tener las distancias mínimas de separación de acuerdo a la clase de aeronave.

Conforme lo señalado cabe mencionar que se considerará para la realización del estudio que estos parámetros son relacionados directamente para la mayoría de elementos del aeropuerto. Esto deberá ser empleado en el análisis del horizonte de desarrollo del estudio de aeronaves y pasajeros para la actualización del plan maestro o futuras ampliaciones y diseños que afectarían las configuraciones iniciales debido a las demandas o pronósticos de tráfico.

1.2 Antecedentes Nacionales

Se usa la aeronave de diseño [9] para el estudio y diseño de los espacios requeridos para las condiciones mínimas en el aeródromo considerando las características de la aeronave de mucha importancia por la altura a nivel del mar que presenta en el aeródromo de Tarapoto. Para este caso la aeronave A319 se considera la aeronave de diseño por la frecuencia de movimientos. Se toma este caso como consideración para el diseño del aeródromo de Moyobamba por sus características de operación similares en base a lo indicado. Se pone énfasis en la consideración en la elección de la aeronave crítica o de diseño. Para el dimensionamiento de los espacios requeridos se deberá cumplir las distancias mínimas de las aeronaves de clasificación A B, C y D en la plataforma para su maniobrabilidad, servicios de apoyo en tierra, distancias a objetos, etc.

Accesibilidad hacia el aeropuerto [10]. Es importante destacar la ubicación algo alejada de la ciudad debido al impacto negativo que tiene infraestructuras de este tipo que en el caso de Tacna se busca lo mencionado analizando aeropuertos con la característica similar que funcionan mucho mejor en combinación al desarrollo urbano. En consecuencia, se llega a

realizar un fácil acceso entre 45 min por la vía principal solucionando la extensión territorial con las vías principales, flujos de vía vehicular continuo y movimientos turísticos en la zona. En relación a lo que se puede aprovechar por el autor como es conveniente e importante tener en cuenta el estudio de zona libre de obstáculos en relación con la orientación de la pista y el viento siendo un área muy importante que muchos de aeropuertos del Perú. Es por ello que se deberá elegir un sitio adecuado en tiempo y distancia para el acceso.

Mix de aeronaves [11]. Se refiere al porcentaje de la cantidad y tipo de aeronaves que son distribuidas de acuerdo a la categoría que tienen. Existe de CAT A con velocidad de 166.68 km/h a CAT E de 307.43 km/h a 388.92 km/h. La FAA (Federal Aviation Administration) presenta un modelo para el cálculo de la capacidad del sector del tráfico aéreo generalizando los factores que afectan dicha capacidad. Se tiene a la estructura, un espacio aéreo denso, dificultades de operaciones en el sector, movimientos de aeronaves militares y otros usos. Se determina la capacidad entre cada 15 min, luego se realiza entre 7 de la mañana a 7 de la noche durante la semana. Se calcula el tiempo estándar de vuelo en el sector y con esos datos se extiende la metodología hasta apreciar por este medio los procedimientos a través de modelos matemáticos para la elaboración de la guía. De esta forma en base a estadísticas con un alto porcentaje de exactitud se elabora la guía para el cálculo de la capacidad de la pista y de los demás elementos. Cabe mencionar que el modelo matemático que arroja datos de manera admisible es en base al estudio de los planes maestros en aeropuertos cercanos a ellos.

Respecto a la resolución del artículo para la presente investigación se aprecia ser muy importante el cálculo a detalle para una mejor flexibilidad para ampliaciones e implementaciones. Se considera que se tenga que realizar los estudios para cada elemento del aeropuerto en base a las características de otros aeropuertos cercanos llegando a ser un detalle que guardará esta relación de mucha relevancia.

Analizando la accesibilidad y la lejanía que existe en relación a las dificultades de llegar al aeropuerto Jorge Chávez [12] se realiza la búsqueda de ubicaciones menos accidentadas

y alejadas en terrenos que faciliten la accesibilidad al nuevo emplazamiento en la zona. El sitio que mejor parece está ubicado en San Bartolo lugar en el que existe una pista y elementos rústicos pero necesarios para la operación aérea donde una pequeña institución académica realiza sus actividades de uso de instrucción y ocio. El tiempo a la ciudad es de 10 min en auto y de ese punto al aeropuerto son 40 min obteniendo 50 min en total.

Según menciona el autor se realizó la búsqueda del sitio en zonas donde ya existe movimientos de aeronaves ya sea de manera académica o por ocio. Esto logra en gran medida elegir la pista y otros elementos aeroportuarios. Sin embargo, hay factores que se deben considerar para la definición de ella como por ejemplo la zona libre de obstáculos para futuras ampliaciones, la orientación del viento, el tiempo de llegada al aeropuerto, entre otros.

La elección del sitio y diseño terminal [13]. Aeropuerto internacional en la ciudad del Cuzco que fue elegido en 1984 en las pampas de Chinchero. El desarrollo del proyecto se realizó en base a estudios lado aire juntamente con la meteorología y aspectos geográficos. La segunda parte fue el estudio de la terminal, torre de control instalaciones de apoyo y emergencia. De manera referencial al diseño propuesto actual se busca la relación entre plataforma y terminal de pasajeros determinando que el tiempo es muy importante para el abordaje. En una tercera parte del estudio de la década de los ochentas se eliminó muchas áreas que no son aplicadas respecto a aeropuertos que han evolucionado a estos tiempos. Conforme a lo destacado por el autor se considera para el presente estudio es que la aeronáutica va innovando en los aspectos de servicio como la tecnología de las aeronaves. El flujo de pasajeros dentro de las instalaciones de la terminal fluye de manera más rápida respecto a 20 años antes acortando el tiempo promedio que las aerolíneas solicitan para prepararse para vuelo. En conocimiento de ello se tendrá en consideración tales características de operaciones actuales.

El mejoramiento en aeródromos [14]. Debido a los fenómenos meteorológicos existentes en la zona selva con la presencia de lluvias se busca realizar la implementación de un

sistema que ayude al desfogue en la pista y en la plataforma. A 160 m a 720 m se encuentra la parte más afectada en la pendiente optando por procedimientos matemáticos para realizar el drenaje en conjunto en el lado aire.

De acuerdo a lo indicado por el autor la parte meteorológica para la sostenibilidad del proyecto se considera realizar un análisis para una configuración geométrica donde se indique las pendientes longitudinales y transversales para la operación de las aeronaves y en la plataforma respetando la normativa de la aviación civil o la administración local.

Calle de salida rápida [15]. Con el objetivo de generar más movimiento y la capacidad de la pista a 750 m se considera de manera general con un ángulo de 45° lo que resulta que es más conveniente la velocidad para el desvío que el ángulo de giro que se tiene para la clave 3 - 4, 30° , radio central 550 m, radio exterior 488 m. Las aeronaves podrán salir desde 95 km/h a 105 km/h. Se considera estos datos debido a que los movimientos son en referencia a aeronaves pequeñas.

Conforme a la resolución del autor se considera optar por una calle de salida rápida donde cumpla los requerimientos de demanda. La importancia de la salida rápida adyacente a la pista se debe a que logra contribuir a la seguridad en las operaciones de la pista para los aterrizajes y despegues.

2 CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO

2.1 Infraestructura

De acuerdo al Foro Económico Mundial una infraestructura [16] viene a ser un elemento importante que de alguna manera puede asegurar el desempeño y crecimiento activo de las condiciones económicas de una localidad o región. Asimismo define indicadores y factores económicos de las de esa región país o localidad. Por otra parte, se infiere que un adecuado diseño y progreso de la infraestructura disminuye significativamente los componentes de espacio entre las localidades y/o regiones incorporando de esta manera las transacciones comerciales que se desarrollan entre localidades de una determinada región o país. Del mismo modo la infraestructura y la provisión de los elementos en el transporte son instrumentos y mecanismos esenciales en un ecosistema donde las estrategias y modos mercantiles de un determinado lugar se concibe de manera tal que ofrece un trámite abierto a otros mercados mediante acuerdos, contratos, liberación de aranceles, políticas y otras estrategias comerciales. De manera regular el intercambio comercial entre otras o muchos capitales comerciales están fuera de la localidad o país. Por ese motivo pueden ser contrarrestadas con un eficiente modelo, diseño y gestión de la infraestructura. Finalmente es importante destacar que la descentralización, la apertura de mercados y la globalización en general han impulsado a los países a incrementar, mejorar y diseñar su infraestructura de tal manera que esté al nivel de las exigencias nacionales e

internacionales acorde a las economías. Se resalta todas las características, factores y variables que la temporalidad exige para un transporte con todos sus recursos.

2.1.1 Infraestructura Aeroportuaria

La infraestructura aeroportuaria [16] quedaría definida como una agrupación de elementos, materiales medios o servicios de soporte en un lugar determinado para la realización de las actividades, asistencia, servicios y operaciones de transporte aéreo con el objetivo de mediar la distribución de personal, materiales y/o bienes. De acuerdo a lo antes mencionado se puede indicar o valorar que estos materiales medios o servicios son muy importantes y hasta cierto punto imprescindibles para realizar o llevar a cabo las tareas y funciones productivas las cuales se proyectan, enfocan o conducen a desarrollar y aumentar los indicadores económicos del país. Es por ello que se puede afirmar que la infraestructura aeroportuaria de una determinada localidad o región estará acorde a las exigencias y generará mayor valor o alcance económico si es que mantiene estándares actuales y modernidad en sus actividades posibilitando un crecimiento sostenido y seguro. Su posicionamiento o diseño cumple con la estrategia de acortar las distancias para el desempeño de las actividades económicas, permitiendo la movilización de personas, materiales y mercancías.

El transporte aéreo [16] seguirá siendo un componente principal para el comercio exterior es por ello que presenta algunas ventajas que condicionan de manera positiva su preferencia. Primero, intervalos y ciclos cortos de transporte, lo que implica una reducción apreciable de importes y valores comprometidos en la actividad económica. Segundo, el tema de la seguridad respecto al flujo del proceso debido a variables tales como recorridos o itinerarios sin demasiados puntos de escala, es decir, más directos desde el punto de inicio al destino final, tiempos disminuidos, mejor y más ordenado flujo en el manejo de la mercancía con lo cual se reduce apreciablemente los factores de riesgo obteniéndose de esta manera menores pérdidas o demoras de las mercancías.

2.1.2 Plan Nacional de infraestructura para la conectividad

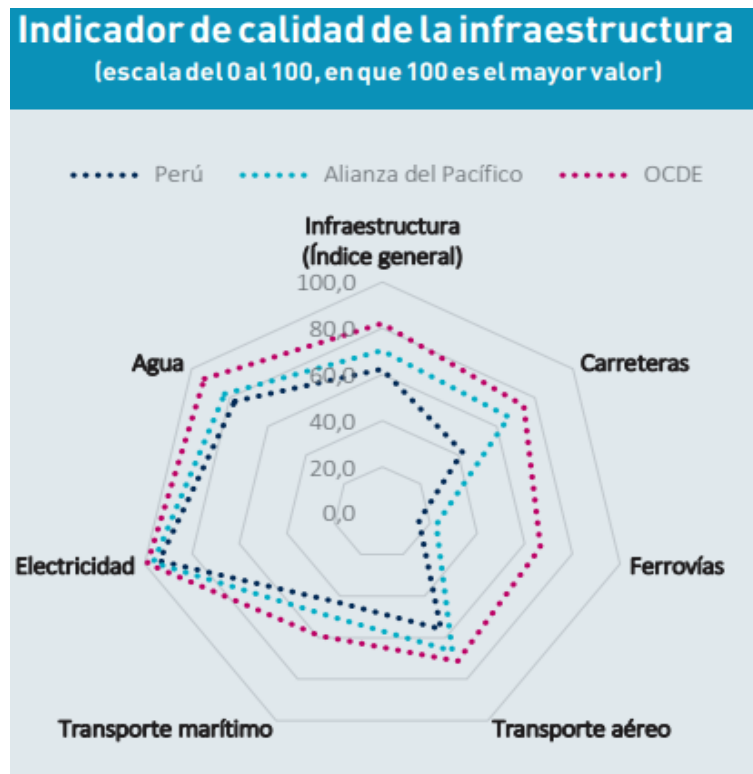
De acuerdo a la visión en el Perú [17] los factores o recursos tecnológicos, comerciales y financieros están vinculados en un mayor grado al acercamiento a la infraestructura y a la calidad de la misma. Mantener e incrementar estos factores no solo aumenta significativamente la conectividad con las economías cercanas o domésticas y también con las internacionales si no que a su vez empuja o despliega el desempeño de manera generalizada de los recursos humanos del país y de su capital intrínseco. Un sistema de materiales, medios o recursos, robustos o estables permite reducir los costos de intercambio de mercancías, aumentar los canales y medios de información y minimizar las ratios de traslado y manejo de carga y correo. Con ello se generan y pueden aumentar también la producción de intercambio de bienes y servicios en los diferentes sectores productivos los cuales tiene una influencia directa en su competitividad. Cabe resaltar que mantiene en estrecha relación el capital humano con sus respectivos centros productivos y afianza su acceso a los servicios destinados a cubrir sus necesidades y disminuir las brechas de desigualdad.

Respecto a la conectividad [17]. Como objetivo principal viene a ser el impulso o fomento de su participación en el mercado externo. Para ello tienen como principal objetivo fijar y favorecer el desarrollo de infraestructura que favorezca mejorar la presencia diferenciadora del Perú en los mercados internacionales y asentar de manera coherente y sostenida su crecimiento en un largo periodo. Se puede decir entonces a más conectividad, la manufactura y los servicios peruanos estarán en la capacidad de ingresar a ese mercado internacional con costos verdaderamente competitivos. De igual manera, en función que el Perú se convierta más competitivo, se transformará de manera recíproca en un referente para la captación de inversión extranjera en ciencia, tecnología y mejores insumos para la industria. El incremento organizado y bien planificado de puertos, aeropuertos y cadenas logísticas es por consiguiente un factor determinante para la su sostenibilidad económica.

2.1.3 Necesidades de infraestructura en el Perú

Respecto a las necesidades de infraestructura en el Perú el Banco Mundial [17] clasificó al Perú en el 2009 como un país de ingresos medios altos. Dado que se llegó a ser clasificados en esa categoría la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en el Estudio Multidimensional del Perú elaborado en 2016 recomendó que el país diversifique su economía para evitar caer en la «trampa de los ingresos medios». Esto significa que si no diversifica y mantiene ese desarrollo basado en sus métodos tradicionales como serían por ejemplo la minería no mantendría su curva de crecimiento económico. De este modo entonces la recomendación indica que las estrategias para continuar el crecimiento y estas a su vez generen y promuevan la equidad en la sociedad deben estar enfocadas en invertir en el desarrollo de nuevos sectores productivos y en la ejecución de nuevas infraestructuras. Cabe destacar en este sentido, que de acuerdo al indicador el Perú aún está retrasado en este propósito en relación con pares regionales y países de la OCDE. De acuerdo al estudio realizado entre los años 2017-2018 el Perú se encuentra en el puesto 85 de 137 países. Se puede apreciar en el Indicador de Calidad de Infraestructura del Índice de Competitividad Global 2017-2018 mostrada en la Figura 1.

Figura 1: Indicador de calidad de infraestructura [17]



2.2 El Aeropuerto como nodo multimodal

La gestión y regulación de la infraestructura [18] y la incorporación o mecanismo multimodal en el transporte aéreo es muy necesario y su actividad casi es innata al sistema. Es así como casi en su totalidad los viajes en transporte aéreo se conectan con otros medios o formas de transporte que se convierten o forman parte de los modos de apoyo o acceso y descongestión de los aeropuertos. En los casos de tránsito o de conexión los pasajeros y la carga lo hacen a lugares diferentes del aeropuerto. El aeropuerto es por la naturaleza de su operación o actividad un intercambiador modal. La implantación de un aeropuerto alcanzará sus objetivos planteados siempre y cuando sean bien analizados su extensión, calidad y variedad de la red de sistemas de transporte de aporte y descongestión. Los dos últimos aporte y descongestión vienen dados por servicios terrestres o también podrían estar servidos por actividades u operaciones acuáticas. Esto será determinado por la geografía de la zona. En muchos aeropuertos estas actividades se realizan con taxis o

transportes fluviales o marítimos. En algunos aeropuertos esto se realiza mediante helicóptero y en un futuro temprano mediante deslizadores aéreos o RPAS o vehículos equipos VTOL, es decir, de aterrizaje y despegue vertical. Sin embargo, las condiciones mínimas necesarias para cubrir la demanda de acceso y descongestión vienen dadas por vehículos particulares, taxis, y cualquier movilidad terrestre. No se debe descartar o mencionar los aeropuertos en los que estas actividades se realizan mediante trenes, metros, cables aéreos, autobuses públicos o privados. Muchos de ellos concesionados por el mismo aeropuerto y que están considerados dentro de las tarifas.

2.2.1 El aeropuerto como polo de desarrollo

Se debe visualizar de manera simultánea [18] en todas sus formas y aspectos. Primero, como centro de acogida de múltiples servicios y productor de los mismos. Segundo, como generador de trabajo directo e indirecto en una masa importante de recursos humanos. Tercero, como eje principal para provocar impulso e incremento comercial y como generador de externalidades de carácter negativo en sus vecindades y áreas de influencia. Se debe destacar a su vez que, como centro o eje activo en una determinada localidad, su presencia permanecía en el tiempo o durante su fase de desarrollo y/o construcción va a condicionar de manera significativa el entorno geográfico. Las condiciones o factores para el uso de las áreas circundantes ya sean edificios de viviendas, fabricas, colegios y áreas agrícolas. Siempre para ello deberá observarse la viabilidad y pertinencia. Los mecanismos de transportes los cuales llevan a cabo las actividades de acopio y descongestión de los tráficos aeroportuarios deben ser aumentados o ampliados en una magnitud considerable de tal manera que alcancen y den fluidez hacia y desde el aeropuerto. Otro aspecto importante de un aeropuerto es también un eje creador de servicios de rentas, ambientes, lugares de labores, aprovechamiento, rendimiento y beneficios empresariales. Es así como deben observarse las actividades de los operadores de apoyo en tierra de las aeronaves, las actividades de pasajes y carga, así como cualquier otra gama de servicios prestados a las líneas aéreas. Del mismo modo se deben considerar los servicios prestados al pasajero

por las líneas aéreas, el aeropuerto, concesionarios comerciales, estacionamientos, alimentos, transportes de acopio y descongestión etc. Es así como los aeropuertos se convierten en importantes empleadores de sus regiones. Ahora bien, la posibilidad de conexiones aéreas eficaces que brinda un aeropuerto es condicionante de nuevas relaciones comerciales con mercados distantes para el establecimiento y atracción local de nuevas compañías o empresas foráneas. A pesar de todos estos modos son inmensamente conocidas las cuotas de participación de las actividades económicas debidas al turismo de ocio y cultural. El aeropuerto entonces está estrechamente ligado a un contexto globalizado. A pesar que los factores comentados serían los ideales las infraestructuras aeroportuarias generan en su entorno muchas afecciones como son ruido aeronáutico, emisiones de gases contaminantes por las aeronaves, equipos de apoyo en tierra y riesgos por accidentes aéreos. A su vez, las conectividades a través de otros sistemas se pueden convertir en mecanismos de propagación de enfermedades. De esta manera se explica que es importante considerar su equilibrio dado que el aeropuerto afecta a su entorno cercano con alteraciones o afectaciones en ambos sentidos.

Un aeropuerto promueve la competitividad entre regiones lo cual se concreta en el afán de que cada región desea tener la mayor cantidad de visitantes por las rentas que estas dejan y ser el medio o la plataforma de todo tipo de producción exportable. Siempre se pensó que es el aeropuerto el que propone la operación de las líneas aéreas en la región sin embargo son los atractivos de las regiones las que hacen y logran que las líneas aéreas determinen esa preferencia, aumenten sus frecuencias y la demanda. Es por ello necesario entender que el aeropuerto debe integrarse con todos los actores descritos para el protagonismo, eficiencia y crecimiento sostenible.

2.2.2 Consideraciones sobre la importancia de la configuración del sistema aeroportuario

La importancia de la configuración del sistema aeroportuario [19] es la disyuntiva al momento de diseñar el sistema aeroportuario con la premisa que el componente es el

aeropuerto y a partir de él se diseña el sistema. El aeropuerto deberá estar supeditado a su realización y adaptarse. Analizando la premisa uno se podría indicar que si de lo que se trata es de construir un aeropuerto nuevo es entonces que el sistema deberá estar supeditado y condicionado a las exigencias y condiciones de diseño del aeropuerto o si es que se tratara de una ampliación o de un mejoramiento del sistema entonces esto no quedaría relegado o supeditado a un solo componente y se vería de manera sistémica su crecimiento dejando de lado objetivos precisos y trabajando en todo el sistema en su conjunto.

2.2.3 Gestión Aeroportuaria Delimitación.

Respecto a la delimitación de la Gestión Aeroportuaria [19] los establecimientos o infraestructuras aeroportuarias concentran en sus instalaciones una gran variedad de servicios y actividades. Algunas de las cuales se presentan de la siguiente manera:

- Los servicios de apoyo y control del tráfico aéreo.
- Los servicios de apoyo en tierra.
- Los servicios de las autoridades aeroportuarias públicas y privadas (aduanas, policía, seguridad exterior e interior, etc.).
- Los servicios de salubridad, protección y sanidad.

Por lo expuesto y sobre estos servicios la administración del aeropuerto podría estar supeditado a la coordinación estrecha del estado y el explotador del aeropuerto cuando esté administrado por un particular. Esto no dificulta o exime que se pueda hacer por otras personas que reporten directamente al estado dando conformidad con lo que establezca la legislación vigente.

Por consiguiente, los servicios que no se requieran que sean administrados o controlados por el estado podría estar encargados a otras personas cuyas funciones y responsabilidades estarían supeditadas a la legislación y control del estado. Estos servicios podrían ser aquellos que no tengan incidencia estricta o que puedan alterar la

seguridad y regularidad de las funciones en el aeropuerto como correos, traslado de bienes, lugares de cambio de moneda, servicios de seguridad, etc.

2.3 Gestión de la Capacidad Aeroportuaria

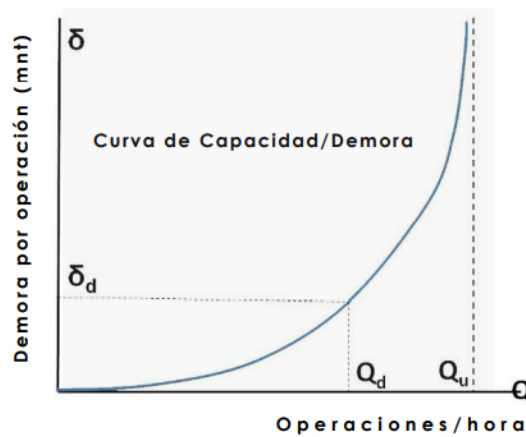
La capacidad de un aeropuerto tiene más de una manera de ser medida [20]. Esto va a estar supeditado al proceso que se analice así como la infraestructura que se esté utilizando (por ejemplo, se podría estar hablando del proceso de estacionamiento de aeronaves, seguridad de la parte no aeronáutica, facilitación a los pasajeros, traslado de equipajes, servicios de apoyo en tierra, abastecimiento de combustible, control de la carga, etc.). De la misma manera se debe tener en cuenta la temporalidad, por ejemplo, horas de máxima demanda, condiciones especiales de atención, eventos inesperados. Es por eso que armonizar las medidas de capacidad entre los diferentes procesos no es tarea sencilla dado el dinamismo de todos ellos y también las condiciones estáticas de algunos de ellos como podrían ser las plataformas o áreas destinadas al movimiento de aeronaves. Es por ello que se conjugan en tiempo y en espacio las operaciones. Por ejemplo, en la pista dado que ninguna otra aeronave podría estar en su recorrido o iniciarlo sin antes la otra no ha liberado completamente su recorrido donde deja el espacio y tiempo suficiente para el despacho de la otra aeronave. En el caso de los estacionamientos de aeronaves que no pueden servir a dos a la vez, es decir, tienen que respetar un flujo de operación lo que comúnmente se llama el turn-around. Es aquí donde se estaría observando una relación de capacidad dinámica y estática. Una condición compleja surge del hecho de que la capacidad inclusive para un mismo proceso no es un factor estático. Va a ser muy diferente y condicionado dependiendo de la forma como se use la infraestructura objeto de estudio. Dicho esto, se puede aclarar que esto se deberá al tipo de tráfico el mix de aeronaves que se esté atendiendo, la condición de los usuarios (chárter, FFAA, vuelos especiales, etc.) y es muy importante destacar las condiciones de tiempo que afectan toda la operación en el área de movimiento del aeropuerto. Un elemento más a ser considerado es la relación estrecha que existe entre el aeropuerto y la región o localidad a la que presta el servicio.

Se puede hablar casi siempre o en un sentido idóneo de una interacción positiva dado que la infraestructura aeroportuaria genera y agiliza conectividad para la ciudad o región aumentando y desarrollando de manera pertinente las actividades comerciales y de turismo. Siempre y de una manera u otra el aeropuerto tiene esa connotación intrínseca de colocar a la región a la que sirve en un escenario global lo que siempre será un catalizador o un impulso para que las regiones desarrollen sus aeropuertos con miras a mejorar su competitividad. La expansión de la capacidad de la infraestructura aeroportuaria resulta a su vez un impacto mayor que incide en el desarrollo local de la ciudad y la infraestructura de transporte terrestre que a su vez tiene implicancias en la calidad de vida de la región. Es por ello que los aspectos aparentemente externos a la infraestructura aeroportuaria como podrían ser los de carácter político, los de carácter social y los de carácter ambiental pueden y limitan en muchas ocasiones la capacidad teórica del aeropuerto. De igual forma la división entre el beneficio y el impacto del aeropuerto generan uno de los mayores obstáculos a la expansión de la capacidad.

2.3.1 Capacidad y demora

Una forma más de evaluar la capacidad es vincularla al tiempo adicional que necesita un indicado proceso en función del mayor grado de utilización [20]. Dentro del transporte aéreo toda operación de las aerolíneas infiere una demora para sus usuarios. A continuación, se muestra la gráfica donde se plantean tres variables estudiadas y explicadas. Una capacidad última (Q_u) explica que una demora sería inaceptable, siendo en la expresión funcional de la gráfica infinita. Es por ello que se ha definido la capacidad declarada (Q_d) la cual sugiere un retraso medio admisible (δ_d). Este retraso medio se convierte en una variable manejable por los pocos min que representaría.

Figura 2: Curva de Capacidad / Demora [20]



La capacidad declarada de un aeropuerto es la menor de todas las actividades asociadas a las operaciones como tránsito aéreo, área de maniobras y plataforma de estacionamiento de aeronaves. Por su parte en el lado tierra otras actividades o efectos funcionales limitadores son la cobranza o facturación de vuelos, actividades de seguridad, aduanas, etc. Es por ello que los aeropuertos y las organizaciones encargados o sus administraciones respecto de este tema publican la capacidad declarada. Cabe analizar algunas variables a tomar en cuenta. Las aeronaves en su recorrido de despegue generan tras de sí una estela turbulenta de aire que por su condición aerodinámica afecta a la aeronave que le sigue en el tiempo inmediato haciendo esto que sea necesario por la seguridad de la siguiente operación mantener una distancia mínima de separación en unidades de longitud o tiempo (millas náuticas o minutos). Para ello se utilizan métodos aproximados para definir cuál sería la capacidad de un sistema de pistas. La capacidad del sistema de pistas es un factor muy relevante dado que sirve para definir el número máximo de actividades y servicios comerciales que se planifiquen en el aeropuerto [20] más aún cuando hay niveles evidentes de congestión. Sin embargo, en la mayoría de los casos se estila expresar en número de movimientos (despegues y aterrizajes) por hora. Esto no suele ser indicativo de la capacidad. Por ejemplo, de los edificios de pasajeros no se discrimina el mix o tipo de aeronave que realizará o realiza cada movimiento. Además, la capacidad en el momento de la operación depende directamente de la configuración

utilizada de la pista, dirección de recorrido de despegue y dirección de recorrido de aterrizaje. Por ese motivo dependerá de las condiciones de viento y las condiciones meteorológicas, así como también las restricciones de sobrevuelo en zonas urbanas o restricciones de ruido.

La configuración de las calles de rodaje, por su geometría y características físicas, refiriéndose con esto a señales de puntos de espera, cruces, áreas restringidas de carreteo tienen su propia capacidad y también se restringe a la capacidad aceptable del sistema de pistas. De igual manera en la plataforma será el número de puestos de estacionamiento y las posiciones para cada tipo de aeronave y la mezcla de tráfico las que definan como restricción si será viable adaptar las capacidades de tráfico precedentes. En el edificio terminal pueden generarse más limitaciones a la capacidad de tráfico todas ellas generadas por actividades o fases anteriores como emergencias, aproximación, pistas, plataforma e incidentes aéreos inclusive. Aquí las limitaciones o restricciones pueden ser ahora la disponibilidad de counters o mostradores, sistemas automáticos de facturación, equipos del sistema de tratamiento de equipajes, o el grado de calidad que, de acuerdo a las condiciones del terminal, deberán mantenerse en términos de número de personas por m² o en espera.

2.4 La propiedad y la gestión aeroportuaria

Históricamente los aeropuertos fueron de propiedad y operación gubernamental [21]. Sin embargo, a partir de la década del 80 se generaron cambios relevantes en la forma de gestionar y operar las infraestructuras para el transporte aéreo. También ha cambiado la condición del operador o explotador de las mismas. Las razones que motivaron los cambios o condiciones de gestión y operación entre otras razones una de ellas ha sido la búsqueda de fondos e inversión privada para su mejora en varios aspectos. Desde la década de los 90s los aeropuertos pasaron de la administración pública hacia la administración privada, lo que viene a ser o llamarse el proceso de privatización de aeropuerto. Esto ha surgido en respuesta a un cambio en el paradigma, es decir, se dejó de ver al aeropuerto como un

servicio público para pasar a ser una fuente de negocios para convertirse en la industria del transporte aéreo está mucho más exigente, desregulada y competitiva.

Es importante recalcar que en lo relacionado al proceso de privatización se tienen que ver dos elementos de gran importancia como la privatización de la gestión que en algunos contratos no necesariamente es el mismo operador que el de la privatización de la propiedad de las instalaciones, es decir, los dos elementos son gestión y propiedad.

2.4.1 Tipos de gestión

De acuerdo al tipo de gestión el administrador, operador o explotador viene a ser el que organiza, vigila, gestiona, controla e implementa la operación y el mantenimiento del aeropuerto siendo o no el propietario del aeropuerto [21]. Por tanto, existen privatizaciones de la gestión aeroportuaria manteniendo la propiedad pública de sus instalaciones. En el caso de Perú mediante las asociaciones público-privadas. En la cadena de valor del transporte aéreo temas como servicios de apoyo en tierra, mantenimiento de aeronaves, compañías de catering, operadores de atención de vuelos especiales, limpieza y seguridad en el edificio terminal han sido en muchos casos tomados por las líneas aéreas o por la administración del aeropuerto o también se crean empresas específicas para todos esos servicios. De igual manera los servicios de control de tránsito aéreo en algunos casos han pasado a empresas privadas.

2.4.2 Tipos de propiedad

Cuando se refiere a los tipos de propiedad se debe resaltar que por mucho tiempo los gobiernos de cada país o región fueron los administradores o explotadores de los aeropuertos [21]. A pesar de ello en las últimas dos décadas se ha acrecentado el traspaso de la gestión y administración al sector privado como se dijo antes mediante los procesos de privatización sin perder la propiedad pública sino más bien entregados en aprovechamiento económico pero con las condiciones contractuales de mejora de la infraestructura, operación, seguridad y mejora de los servicios de tránsito aéreo.

En el Perú se pueden destacar o clasificar en tres categorías las condiciones de propiedad o administración de los aeropuertos, aquellas de propiedad y administración directa o indirecta del gobierno local o regional los de propiedad del gobierno pero parcialmente privatizados y los que son enteramente de propiedad privada.

2.4.3 Inversiones en Infraestructura Aeroportuaria

Los pronósticos son favorables para el incremento y desarrollo del transporte aéreo lo cual, de manera intrínseca, origina y genera un constante aumento cuantitativo de la demanda por infraestructura aeroportuaria [21]. Recíprocamente el acelerado cambio tecnológico en la actividad económica e industria aeronáutica y los mayores y mejores estándares de seguridad también fortalecen esta corriente en función de más y mejores requerimientos cualitativos. Motivos por el cual las inversiones destinadas al transporte aerocomercial seguirán en aumento. Esto plantea la necesidad de realizar procedimientos o metodologías que permitan diseñar herramientas de análisis para optimizar la programación de estas inversiones. Esta optimización es importante dado que permitiría anteponer de manera pertinente las exigencias que demanda desarrollo de la infraestructura aeroportuaria, de esta manera se contribuiría en los programas de inversiones en el sector transporte.

2.5 Respecto al régimen de tarifas

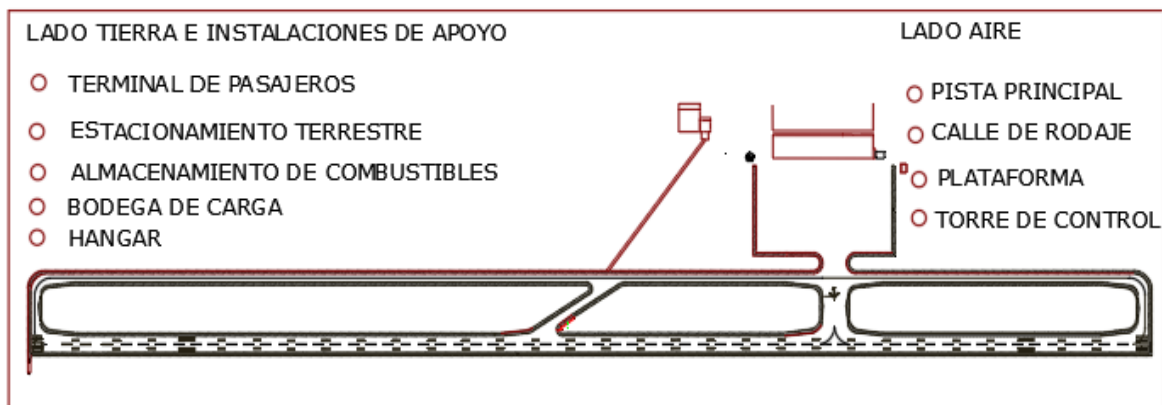
Una de las características más importantes de los aeropuertos son las tarifas [22]. Es decir, la existencia de costos por los servicios en todo el sistema aeroportuario. Esto es de importancia tanto para el aeropuerto como para el usuario. Un sistema de costos se logra midiendo y recopilando datos e información la cual debe estar ordenada y/o clasificada por rubros. La estructura del sistema de costos se podría clasificar en cuatro grandes rubros de costo los mismos que consolidan la totalidad de medios dispuestos en la generación de los servicios. Primero, sería los recursos humanos que deben plasmar el costo total que implica proporcionar el personal necesario e idóneo a la organización para el logro de los servicios tales como remuneraciones, costo de la capacitación y el perfeccionamiento para

el cumplimiento eficiente de sus labores profesionales, gastos en medicina preventiva y curativa, bienestar social, bonos de productividad, entre otros. Todo esto de acuerdo a la legislación y modalidad de contratación. En segundo lugar, la infraestructura, instalaciones, equipos y activos. Para esto se considera por ejemplo el valor relacionado al desgaste o vida útil de los mismos, el total del costo de depreciación de la infraestructura, mantenimiento de pistas, construcciones en general, sistemas de ayudas a la navegación, comunicaciones, procesamiento de datos, vehículos, instalaciones y bienes muebles. Como un tercero se tiene a los insumos, los cuales incluyen entre otros, los elementos de consumo necesarios para la operación de todas las unidades y herramientas desde los repuestos para equipos hasta los materiales que se utiliza en oficinas. Para ello se analiza o registra el costo de los elementos consumidos y no el costo de insumos adquiridos dado que muchas veces los insumos superan los periodos contables. Finalmente se tiene a los Gastos de operación como son servicios contratados a terceros tales como energía, comunicaciones, transporte, evaluación de proyectos, gastos financieros, en general. Todo egreso que no constituya ninguno de los asignados a personal, insumos, o inversiones.

2.6 Plan maestro de aeropuerto

El objetivo principal del plan maestro es realizar y satisfacer el movimiento de la demanda con el que tiene que tener compatibilidad para el desarrollo urbano y de igual manera con los otros tipos de transporte [22]. Se muestra en la Figura 3 un esquema general de un plan maestro.

Figura 3: Esquema General de Plan Maestro



2.6.1 Demanda de transporte

Parámetro principal para la planificación de un aeropuerto del que se determina el requerimiento correspondiente a las instalaciones en un periodo determinado [22]. De este estudio se deduce las operaciones de aeronaves y pasajeros, horaria, diaria y anual. de manera aproximada se presenta la Tabla 1 donde se ha realizado el estudio de la demanda previo al diseño de los elementos aeroportuarios, siendo así, el camino correcto para la implementación de un nuevo aeropuerto.

Tabla 1: Demanda de pasajeros [4]

	Pasajeros anuales	Aeronaves anuales	PHP	PHD	AHP	AHD
Horizonte inicial	600.000	8.450	1.183	946	8	7
Horizonte de desarrollo	1.200.000	16.901	1.705	1.364	12	10

A continuación, se presenta el título y el tema del presente documento.

2.7 Tema y Título

Tema: Explotación de Infraestructura Aeroportuaria.

2.7.1 Título:

Diseño de Aeropuerto en el distrito de Huacho Provincia de Huaura – Región Lima.

2.8 Problemática

El auge de vuelos comerciales en Latinoamérica aumentó al doble en esta última década pudiendo llegar para el año 2036 a transportar a más de 720 millones de pasajeros anuales, por lo que en consecuencia la tasa de vuelos del aeropuerto internacional Jorge Chávez se elevó exorbitantemente de manera inesperada.

La Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA por sus siglas en inglés) menciona que el Perú en el ranking Mundial de competitividad en relación a los impuestos y tasas aeroportuarias se encuentra en el último ocupando puesto 136 de 136 economías indicadas por el Foro Económico Mundial (WEF por sus siglas en inglés)

El aeropuerto Jorge Chávez, situado en la Provincia Constitucional del Callao, fue diseñada para dar servicio a 10 millones de pasajeros al año, sin embargo, hoy abastece a más de 19 millones.

En el 2017 el transporte comercial a nivel nacional e internacional ha movilizado a más de 22.6 millones obteniendo un crecimiento de 9.2%. Realizando algunos cálculos se puede estimar que para el 2035 aborde a más de 62 millones de pasajeros al año. La IATA clasificó a Lima como una de las seis ciudades con obstáculos financieros, déficit de infraestructura y pocas regulaciones para el desarrollo de la industria aeronáutica identificando problemas tales como:

- La falta de capacidad de Infraestructura aeronáutica.
- Pocas opciones de desarrollo profesional aeronáutico.

2.9 Justificación del tema

Las ciudades en desarrollo y con gran cantidad de vuelos se destaca por tener 2 aeropuertos. Esta representa un flujo más adecuado para las aeronaves y contando con infraestructura donde profesionales, técnicos y administrativos en aeronáutica se desarrollen eficientemente.

En la ciudad de São Paulo – Brasil con una población aproximada de 12 millones de personas y con pocos destinos turísticos en comparación al Perú se dispone de tres aeropuertos, estos son: Aeropuerto Internacional de São Paulo Guarulhos, Aeropuerto de Congonhas (Aeropuerto Regional) y Aeropuerto Campo de Marte.

En la ciudad de Buenos Aires con una población promedio de 16 millones en el área metropolitana existen 2 aeropuertos y son el Aeropuerto (Aeroparque) Jorge Newbery y el Aeropuerto internacional de Ezeiza (Aeropuerto Ministro Pistarini).

En la ciudad de Santa Cruz de la Sierra con una población promedio de 3 millones y medio también cuenta con 2 aeropuertos: Aeropuerto Viru Viru y el Aeropuerto el Trompillo.

En la ciudad de Lima Metropolitana con una población de 8 millones y medio, según el censo del 2017 no dispone de ningún aeropuerto ya que el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez está en la provincia Constitucional del Callao con una población de 994 mil, según el censo del 2017, lo que hace un total de 9 millones 569 mil personas siendo destino turístico por tradición y solo se cuenta con 1 solo aeropuerto en la región de Lima.

El Aeropuerto Internacional Jorge Chávez es el principal destino de ingreso por vía aérea hacia el Perú. En los últimos 15 años han aumentado la demanda aérea y constantes tiempos de espera siendo en particular algunos casos por demoras aéreas, fallas o inconvenientes que presentaron las aeronaves e inclusive problemas meteorológicos que afectan el performance de vuelo, motivo por el cual la torre de control se vio en la necesidad de desviar vuelos de aterrizaje hacia los aeropuertos de Pisco, Chiclayo, Arequipa o Trujillo para luego ordenar vuelos de retorno hacia su punto de origen o simplemente mantener la espera en el aire donde las aeronaves viran por lapsos excesivos. Se describe dos ejemplos de demoras aéreas en el Aeropuerto internacional Jorge Chávez por ciertos inconvenientes.

1. El 18 de abril del 2018 un Avión comercial de la línea aérea Sky Air Line presentó problemas técnicos en la pista de aterrizaje generando una demora de 30 min. Este tiempo en el transporte aéreo es considerado como excesivo puesto que mantener

en el aire demasiados aviones por demora de aterrizaje conlleva a tener precauciones para evitar incidentes aéreos.

2. El vuelo Latam 2310 del 08 de noviembre del 2017 partió del aeropuerto internacional Jorge Chávez con destino a Piura. A los 20 min presentó fallas técnicas por lo que tuvo que retornar al aeropuerto. Este incidente se presentó en horario nocturno. Estas circunstancias descritas en el párrafo anterior ocasionaron incomodidad, pérdida de tiempo, pérdida de dinero y mala imagen turística hacia los usuarios que utilizan del servicio aéreo. Asimismo, el Aeropuerto internacional Jorge Chávez se ubica distante de la zona hotelera turística, puesto que el tiempo y la distancia hacia los alojamientos de las zonas hoteleras tiene un promedio entre 2 a 3 horas.

Actualmente las autoridades competentes buscan ampliar el campo de vuelos con una nueva pista de aterrizaje en el primer aeropuerto del Perú, sin embargo, no es más que un analgésico aéreo para el problema principal que es la demanda de vuelos y la falta de infraestructura aeroportuaria en la región.

2.10 Objetivos

2.10.1 Objetivo principal

- Diseñar un aeropuerto en el distrito de Huacho, Provincia de Huaura – Región Lima.

2.10.2 Objetivos específicos

1. Determinar los parámetros técnicos de un aeropuerto y las condiciones mínimas en el distrito de Huacho, Provincia de Huaura – Región Lima.
2. Calcular los flujos de recursos humanos y medios aéreos para las operaciones y planificación del aeropuerto en el distrito de Huacho, Provincia de Huaura – Región Lima.

3. Establecer las superficies requeridas para un aeropuerto en el distrito de Huacho, Provincia de Huaura – Región Lima.
4. Elaborar los planos de infraestructura de un aeropuerto en el distrito de Huacho, Provincia de Huaura – Región Lima.

3 CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO

3.1 Metodología de la investigación

Para la presente investigación se utiliza la metodología conceptual que parte de manera inicial con el planteamiento de alternativas para determinar la ubicación de la infraestructura que deberá satisfacer las condiciones mínimas para la implementación del aeropuerto en la Región Norte de Lima. Esta obedece al procedimiento de evaluación denominada como fase de selección. Por esta razón, en el presente trabajo se analizarán 2 alternativas.

Para el cálculo de la demanda de pasajeros y medios aéreos se buscará datos estadísticos de la demanda del aeropuerto más próximo. Se buscará relacionar en base a hipótesis la demanda del futuro aeropuerto. Todo ello servirá para determinar las áreas del terminal de pasajeros, operación y servicios en la tierra, entre otros.

Como guía al diseño de los elementos de la pista, calle de rodaje, plataforma y torre de control, así como las instalaciones de apoyo serán realizadas en base a la Regulación Aeronáutica Peruana y el anexo 14 de la OACI. Para el diseño del terminal de pasajeros se deberá contar con la información del cálculo de la demanda de pasajeros, aeronaves, y diseño de configuración de la plataforma. Se realizará también un cálculo aproximado de los recursos humanos que darán servicio en el aeropuerto de Huacho.

A continuación, se muestra información del incremento en operaciones e infraestructura aeroportuaria en casi 20 años del aeropuerto Jorge Chávez.

Tabla 2: Cifras del aeropuerto Jorge Chávez – Operaciones e Infraestructura

Operaciones		
Movimientos de aeronaves en el 2018	192,695	
Pasajeros totales en el 2018	22,127 752	
Carga total transportada en el 2018	285,636 mil toneladas	
Infraestructura Aeroportuaria		
2001	2018	Incremento
Área del terminal: 39,467 m ²	Área del terminal: 89,330 m ²	49,863 m ²
Área de plataforma: 165,000 m ²	Área de plataforma: 373,792 m ²	208,792 m ²
Número de posiciones de estacionamiento de aeronaves: 18	Número de posiciones de estacionamiento de aeronaves: 52	34
Número de puentes de abordaje: 0	Número de puentes de abordaje: 19	19 puentes
Número de fajas de recojo de equipaje de vuelos internacionales: 3	Número de tajas de recojo de equipaje de vuelos internacionales: 6	3 fajas
Posiciones de migraciones en Llegadas Internacionales: 12	Posiciones de migraciones en Llegadas Internacionales: 33	21 posiciones
Posiciones de Migraciones en Salidas Internacionales: 12	Posiciones de Migraciones en Salidas Internacionales: 24	12 posiciones
Perú Plaza: No existía	Perú Plaza: 3,846 m ²	3,846 m ²
	Millones de metros cuadrados entregados en área de concesión: 6.2	6,200,000 m ²
	Número de concesionarios comerciales: 63	63
	Número de locales comerciales: 98	98 unidades

De la Tabla anterior claramente se muestra que el aeropuerto ha tenido un incremento sustancial en demanda de pasajeros y movimiento de aeronaves. En (%) infraestructura: 226% en terminal de pasajeros, 226% en superficie de la plataforma, 288% de cantidad de posiciones de estacionamiento de aeronaves entre otros elementos importantes e instalaciones de apoyo. El presente cálculo de la demanda de pasajeros y aeronaves se hará para en proyección para los 20 años de servicio aeroportuario donde se espera no tener modificaciones en sus infraestructuras.

3.2 Aspecto Socioeconómico

a) Población

Hasta la fecha la población en Huacho es de 63 mil habitantes aproximadamente según el censo del 2017. La sociedad de Huacho es una mezcla de migrantes de diversas ciudades del Perú. Hacia esta urbe costera también existen minorías de colonias extranjeras como son italianos, chinos, españoles, argentinos y recientemente venezolanos. La población creció considerablemente durante los últimos años al igual que varias de las ciudades de la costa de la región debido a las migraciones que se llevó a cabo durante la época de la reforma agraria y después del terremoto de Huaraz de los años 70 donde algunas familias de los alrededores de Huaraz se mudaron buscando un lugar agradable donde vivir. Esta situación aumentó considerablemente en los años 80 a consecuencia del terrorismo vivido en el país. Los pobladores de las zonas rurales del departamento de Lima se vieron en la necesidad de migrar hacia las ciudades costeras del Perú.

El MTC ubica a Huacho en la tipología del centro administrativo para los servicios especiales como finanzas, comercio, puerto e industria. Lo que respecta a la evolución de la población en Huacho tiene 4 - 5% anual de crecimiento expandiéndose tal población hacia el sur y al este del distrito.

b) Trabajo

Entre las principales actividades laborales en Huacho son los comercios, restaurantes, bazares, mercados, transporte público de taxi, pesca artesanal entre otros. Las actividades laborales con respecto al turismo tienen buena demanda en fechas cívicas de la región y el país puesto que la fluidez del turismo nacional e internacional aumenta generando ingresos indirectamente en otros rubros de servicios. Sin embargo, el turismo en la región no está aprovechado en su máximo potencial ya que no se promueve la difusión de las distintas opciones turísticas que tiene el distrito de Huacho como entrada hacia otros

destinos lo cual podría fomentar y generar más actividad laboral para las personas ya sea directa o indirectamente.

c) Transporte

Huacho al contar con zona de hospedaje a la altura de los visitantes turísticos facilita una rápida llegada a los alojamientos. El tiempo máximo de llegada a los hospedajes con tráfico incluido se estima en 30 min como tiempo máximo y de 10 min en tiempo mínimo. Existe una variedad de transporte particular las cuales en su mayoría son taxis y moto-taxis que ofrecen tarifas de acuerdo a la distancia además de ofrecer una visita agradable al balneario donde el clima y el ambiente son del gusto para pasar momentos de relax y confort.

El sistema de transporte y vías se realiza en 3 niveles: Local, Regional y Nacional, operando de forma simultánea; conformando la red de unión de ciudades a nivel nacional.

- Nacionales: Se tiene a la Panamericana Norte cruzando de forma transversal al distrito. Se proyecta a realizar la implementación de la segunda calzada e intercambios viales para realizar la movilización sin interrupción en la vía Panamericana y en la ciudad.
- Regionales: De Huacho a Sayán se encuentra pavimentada, de Churín al distrito Oyón se encuentra pavimentada y de Anahyaca a Ambo se encuentra afirmado. Se proyecta la pavimentación completa en Huacho a Ambo para mejores conexiones a nivel de regiones con Pasco, Huánuco y Ucayali.
- Locales: Con una perspectiva local, el distrito de Huacho posee un diseño cuadrático con diagonales de vías que intersecan, conectando al centro de Huacho con los distritos de Carquin, Huaura, Santa María y Cono Sur.

d) Turismo

Como se menciona respecto al turismo las oportunidades laborales que se presentan de forma indirecta son beneficiosas para la población. Las diferentes rutas aéreas hacia el interior del país son rutas alternas que los turistas pueden aprovechar y disfrutar de las

diferentes ciudades que el Perú ofrece. Huacho es la ciudad de entrada hacia la sierra del norte limeño, siendo Oyón, Cajatambo y Santa Cruz de Andamarca las ciudades donde existe mayor concentración de población por ser ciudades principales de las provincias de Oyón, Cajatambo y Huaral respectivamente generando que el turista pueda visitar otras ciudades cercanas que son de los departamentos de Ancash, Huánuco, Pasco y Junín. Huacho se caracteriza por ser ciudad costera. Entre sus atractivos turísticos están sus playas, balnearios, entre otros centros turísticos que limitan la provincia de Huaura.

3.3 Ubicación y elección del sitio

3.3.1 Justificación de la ubicación

Con respecto al cuestionamiento ¿Por qué construir un aeropuerto en la provincia de Huaura?

Se sabe que las repercusiones de desarrollo que conllevan a la construcción de un nuevo aeropuerto son el desarrollo económico, influencia aeroportuaria, generación de empleo directo e indirecto, desarrollo de turismo. Ciertas desventajas tales como el ruido que pueda incomodar a los pobladores de localidades cercanas al aeropuerto, contaminación ambiental y perturbación del hábitat natural.

Aquí aparece otra pregunta ¿Por qué en el distrito de Huacho? Huaura, como provincia no tiene reconocimiento comercial por lo que su distrito principal que es Huacho. En la localidad se tiene un desarrollo más diferenciado que los demás distritos y de otras provincias de Lima. Huacho es capital de la provincia de Huaura y geográficamente es una de las entradas hacia la sierra norte y departamento de la sierra del país catalogándolo como ingreso turístico obligatorio para otras regiones. La cercanía al mar la hacen un punto atractivo para los admiradores de la vida y deporte marítimo además actualmente se está construyendo un mega puerto proyectándose al desarrollo como hub por la conexión en infraestructura de transporte en la región norte de Lima.

Características

La ubicación elegida para el diseño del aeropuerto tiene cercanía con la zona hotelera de la ciudad de Huacho la cual tiene capacidad para albergar a los visitantes o personas que gusten de alojamiento temporal. Las variedades de alojamientos están de acuerdo a la capacidad económica del visitante. La ubicación y los servicios cubren las necesidades de turistas extranjeros y nacionales que puedan requerirlos. Estos alojamientos están al mismo nivel de los que se ubican en las zonas hoteleras de Lima Metropolitana, así que el visitante no se sentirá incómodo o falto por tener algún tipo de servicio.

Huacho que es una de las ciudades del norte chico, ubicada a 2 horas y 45 min de Lima Metropolitana en los últimos años ha tenido un crecimiento económico y poblacional siendo según el censo del 2017, un total de 63,142 personas. Entre las actividades económicas principales son la venta de comidas entre ellas las que contienen pescados y mariscos producto del cual las autoridades locales realizan festividades con los platos típicos en las fiestas de San Pedro y las celebraciones por el aniversario de la ciudad el 10 de noviembre. El transporte público urbano es otra de las actividades económicas de Huacho. Los pobladores trabajan como taxistas el cual ofrece una tarifa cómoda en comparación a las de Lima Metropolitana. La modernidad y algunas estructuras de la época virreinal combinan una ciudad única y de vivencia de ciudad costera criolla donde el carisma de su gente ofrece a los visitantes una estadía agradable.

Desde Huacho se tiene acceso a diversas ciudades que ofrecen destinos turísticos para los visitantes de donde pueden conocer las costumbres y rutas turísticas disponibles. El visitante puede desplazarse a ciudades de la sierra del norte de la región de Lima, algunas ciudades de la zona nororiental y selva. De igual forma las rutas aéreas para Chiclayo, Trujillo, Pucallpa, Tarapoto, entre otras, como también a ciudades capitales en proyección a los diferentes países de la región.

La distancia del nuevo emplazamiento al aeropuerto Jorge Chávez es de 100 Km aproximadamente.

Figura 4 : Distancias entre aeropuertos en la región Lima



De la Figura 4, obtenida por Software Google Earth, se aprecia que la sierra de la región, se encuentra terrenos muy accidentados y que son vistas de manera negativa para proyectar un aeropuerto por lo que la alternativa de la costa en el distrito de Huacho se ve favorable.

3.3.2 Elección del Sitio

Se menciona que en Huacho existe un aeródromo para aeronaves ligeros y ultraligeros, no tiene la autorización para brindar el servicio, pero conlleva a que técnicamente se den las condiciones físicas para su operación con una pista de más de 600 m. Se encuentra a 8 min en auto del centro de la ciudad. Los obstáculos naturales son la cercanía a viviendas debido al impacto de una infraestructura aeroportuaria, presencia de agricultura y cerros a su alrededor. Otra opción es el lugar próximo a la playa el Paraíso ubicada a 10 min del centro de la ciudad. Los obstáculos naturales son las escasas viviendas y área para la agricultura de una infraestructura aeroportuaria.

Serán analizados por recomendación del MASTER PLANNING PART 1 CAP 5 , AIRPORT SITES EVALUATION & SELECTION OACI donde debe considerarse las siguientes características para determinar las condiciones mínimas para determinar la ubicación para el aeropuerto que se detallan a continuación:

- Obstáculos naturales
- Topografía
- Accesibilidad
- Navegación aérea
- Impacto regional
- Arqueología y turismo
- Climatología

Figura 5: Imagen aérea de las posibles ubicaciones del Aeropuerto

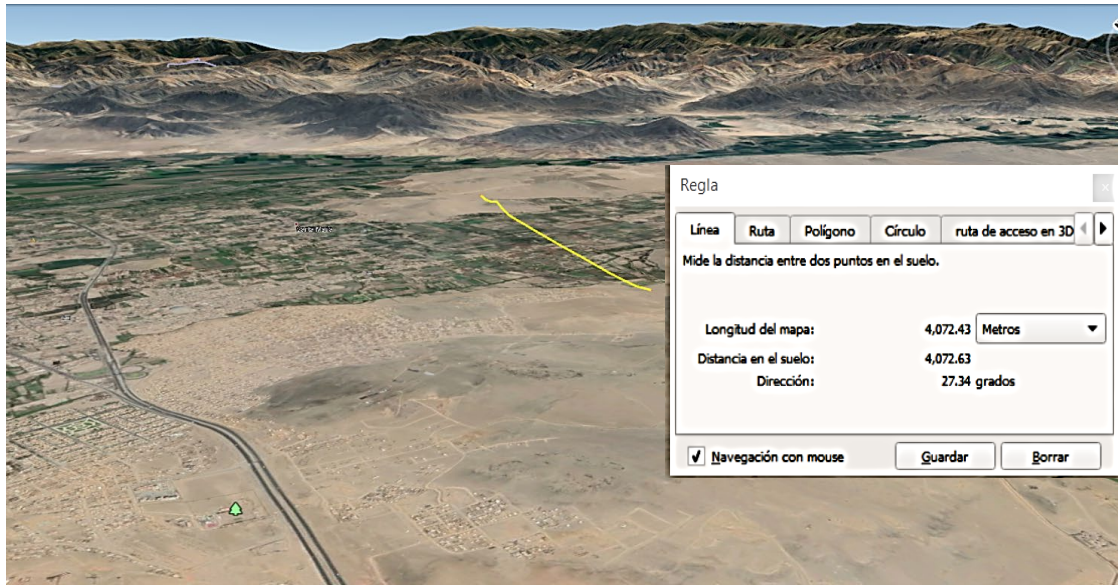


- **Obstáculos naturales**

Se tiene las siguientes características naturales para ambos casos obtenida por obtenida Google Earth.

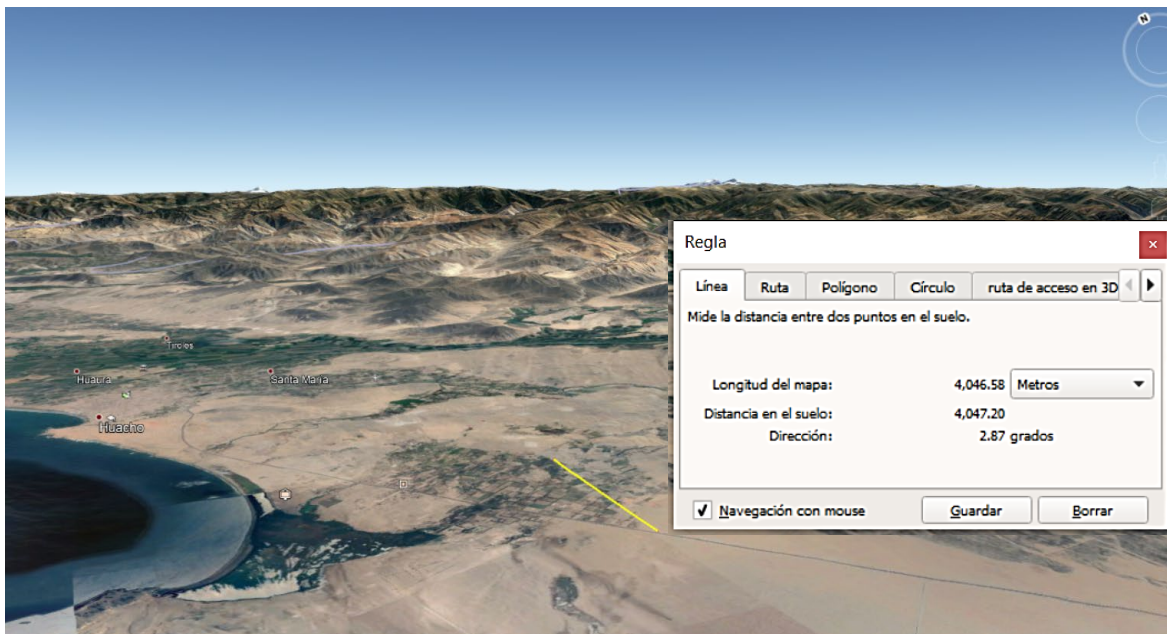
Alternativa 1: Se encuentra rodeado por lomas de baja altura.

Figura 6: Nivel topográfico, perfil longitudinal 1



Alternativa 2: No presenta obstáculos naturales

Figura 7: Nivel topográfico, perfil longitudinal 2



- Topografía

Figura 8: Nivel topográfico, perfil longitudinal - alternativa 1

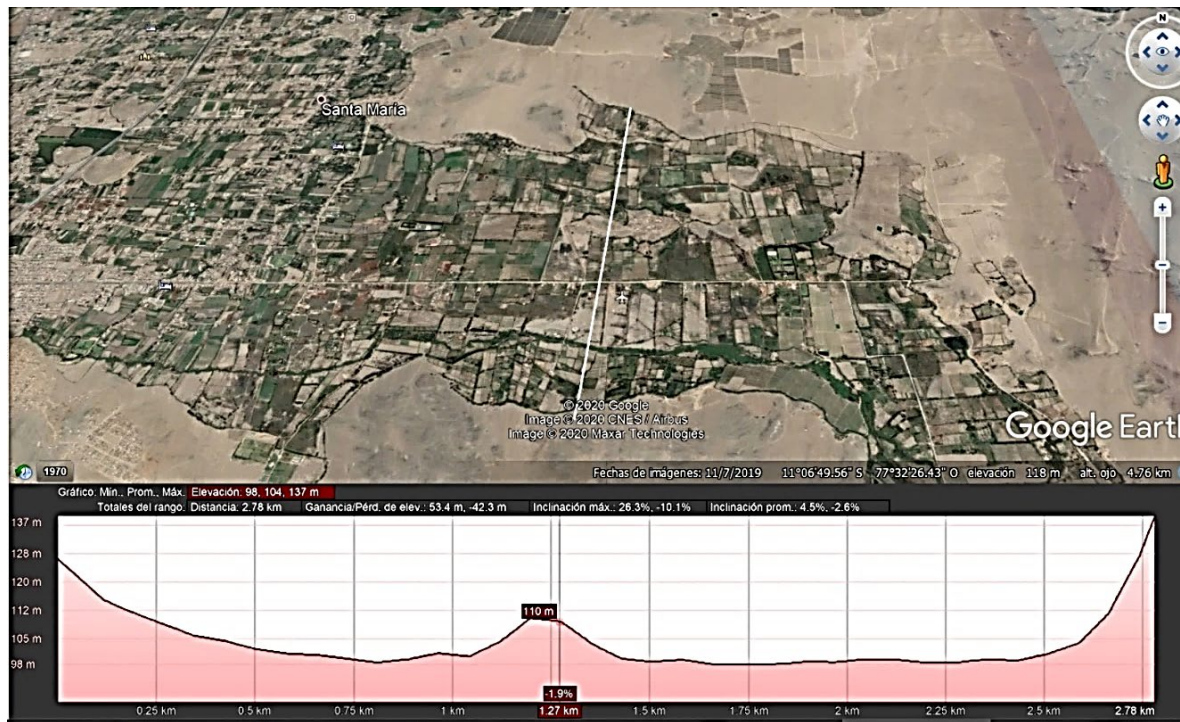
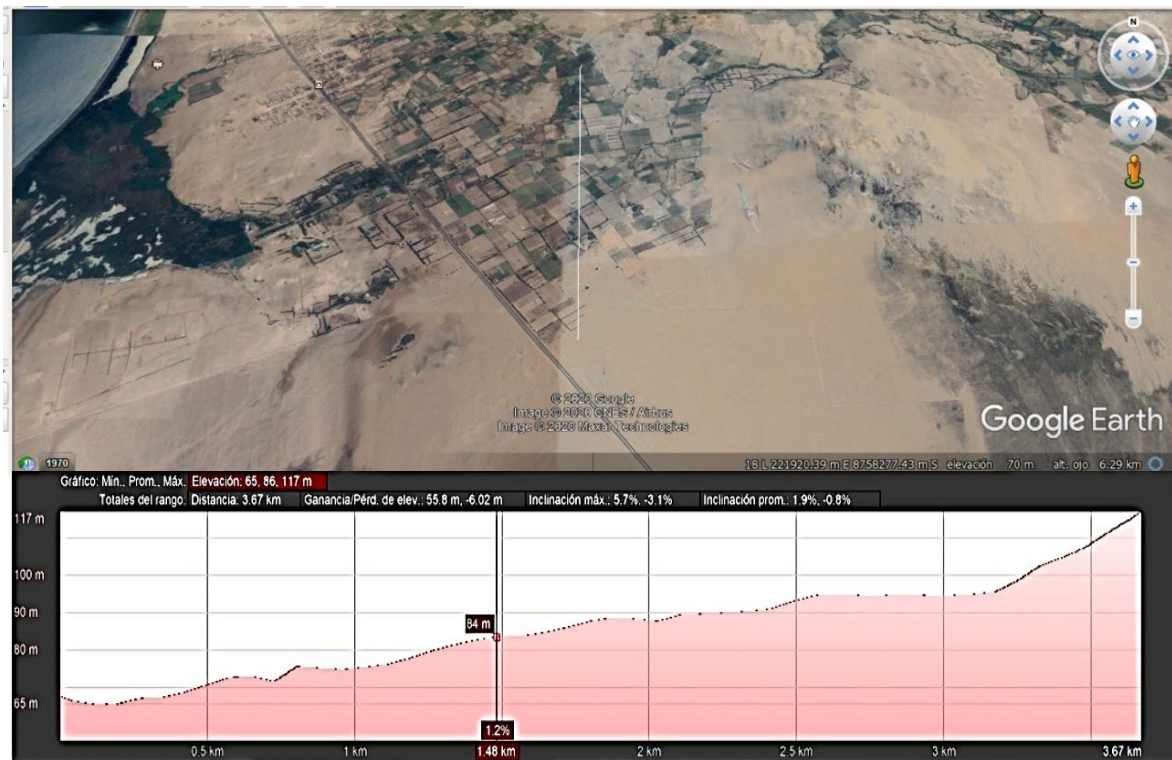


Figura 9: Nivel topográfico, perfil longitudinal – alternativa 2



De la Figura 8 y la Figura 9, la ubicación de ellos son alternativa 1: 18L - 220995.38 m E, 8770710.97 m S y alternativa 2: 18 L, 221564.69m E; 8760532.89m S respectivamente en coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator). Se detalla para las 2 opciones que existe menor nivel topográfico en la alternativa 2 donde la diferencia de alturas en la toma de los puntos extremos medidos del perfil longitudinal es de 30 m aproximadamente que la alternativa 1.

- **Accesibilidad**

Para la alternativa 1: Se encuentra cerca al centro de la ciudad a 8 min en taxi, libre acceso (de trocha y pista).

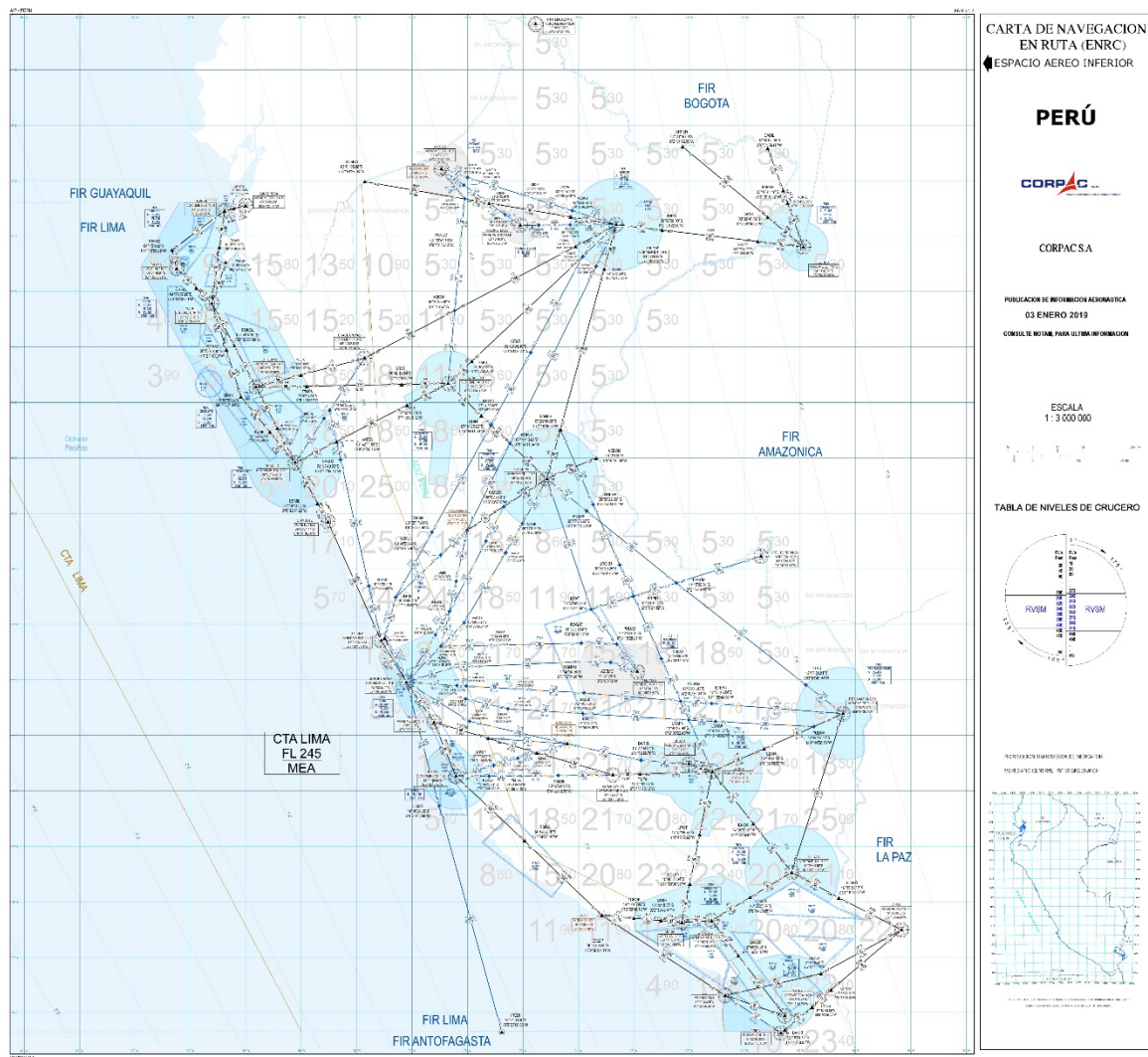
Alternativa 2: Tiempo al centro de la ciudad, 10 min en taxi aproximadamente, libre acceso por la vía de la Panamericana norte (pista asfaltada).

Figura 10: Accesibilidad para ambas alternativas



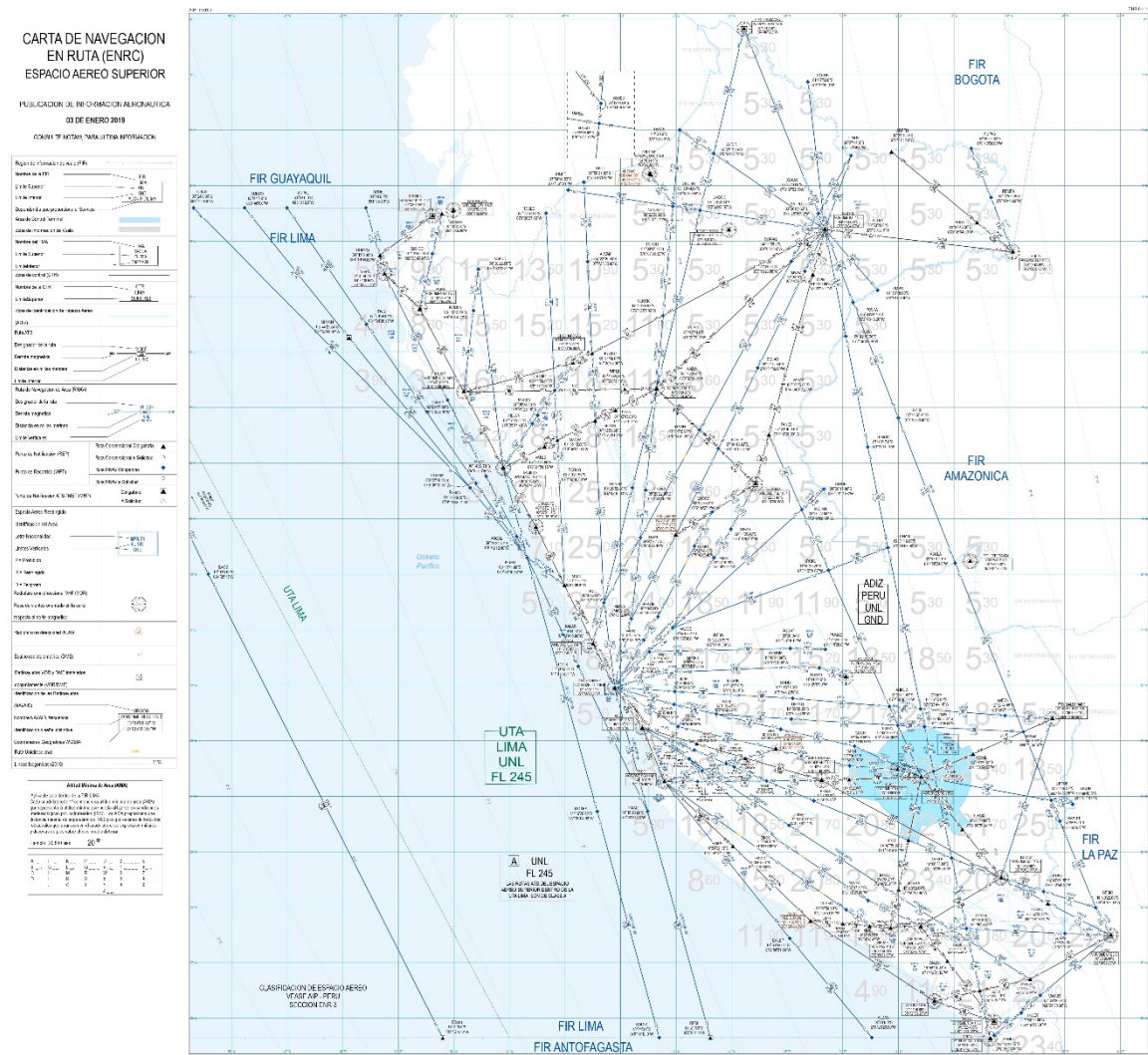
- **Navegación aérea**

Figura 11: Carta de Navegación de ruta - espacio aéreo inferior [24]



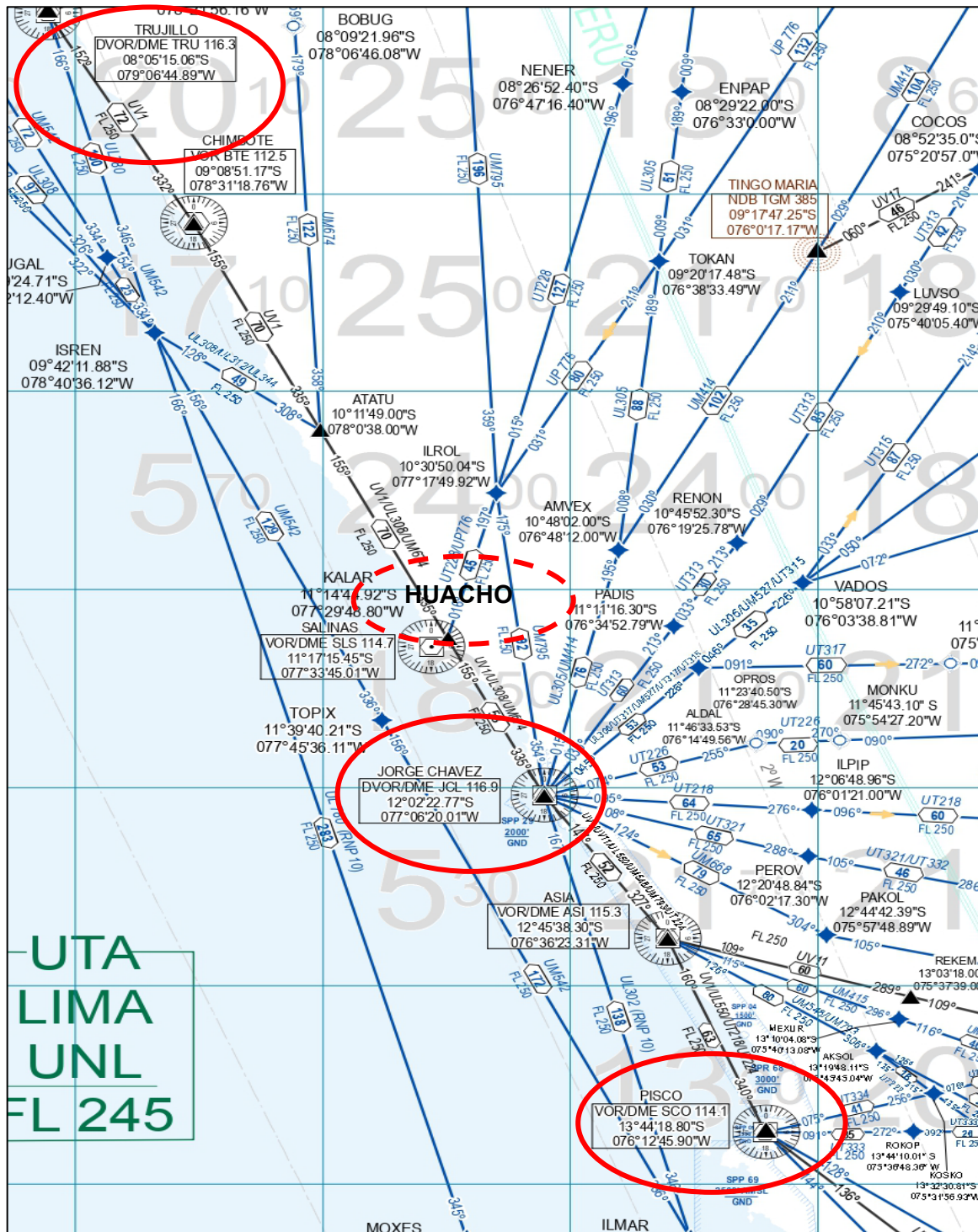
Las rutas superiores son de espacio aéreo Clase A, IFR (reglas de vuelo instrumental) y las inferiores clase D, VFR (reglas de vuelo visual) e IFR.

Figura 12: Carta de Navegación de ruta - espacio aéreo superior [24]



La navegación aérea en la región de Lima es muy fluuyente debido a la presencia del Jorge Chávez como Aeropuerto Internacional y Lima como capital del país que permite por tal motivo las salidas y llegadas nacionales haciendo considerable la presencia de rutas aéreas superior e inferior resultando así para ambas de alternativas de manera positiva. El emplazamiento sugerido está dentro de las rutas de navegación del espacio aéreo inferior y superior lo cual hace posible la llegada y salida de aeronaves con el uso de esas rutas con el aeropuerto proyectado. Ampliando la Figura 12 se puede observar el tránsito aéreo centralizando a la región Lima logrando apreciarse en la Figura 13.

Figura 13: Ampliación de carta de Navegación de ruta el espacio aéreo superior [24]



- **Impacto local**

En la actualidad el emplazamiento de la alternativa 1 se encuentra rodeado de viviendas, cerros en una zona de protección ecológica. Por lo tanto, no sería aceptable el uso de estos suelos para el emplazamiento del aeropuerto proyectado.

Respecto a la alternativa 2 esta ofrece un impacto menor a las áreas circundantes del emplazamiento dado que se ubicaría en una zona de tierras agrícolas en las cuales no se está haciendo explotación comercial o en algunos casos escasa o baja producción.

- **Arqueología y Turismo:**

Lo que respecta a la parte de la arqueología la zona arqueológica monumental de Bandurria se encuentra cerca de la alternativa 2 que afecta positivamente a este debido a que se encuentra también alejada de la ciudad e interfiriendo a una posible urbanidad. En la alternativa 1 no existe presencia de restos arqueológicos en su extensión territorial y se encuentra rodeado de vivienda. Se concluye que la alternativa 2 se muestra más favorable para el nuevo aeropuerto. Se muestra la imagen obtenida por Google Earth.

Figura 14: Zona arqueológica de la Bandurria y playas en el distrito de Huacho

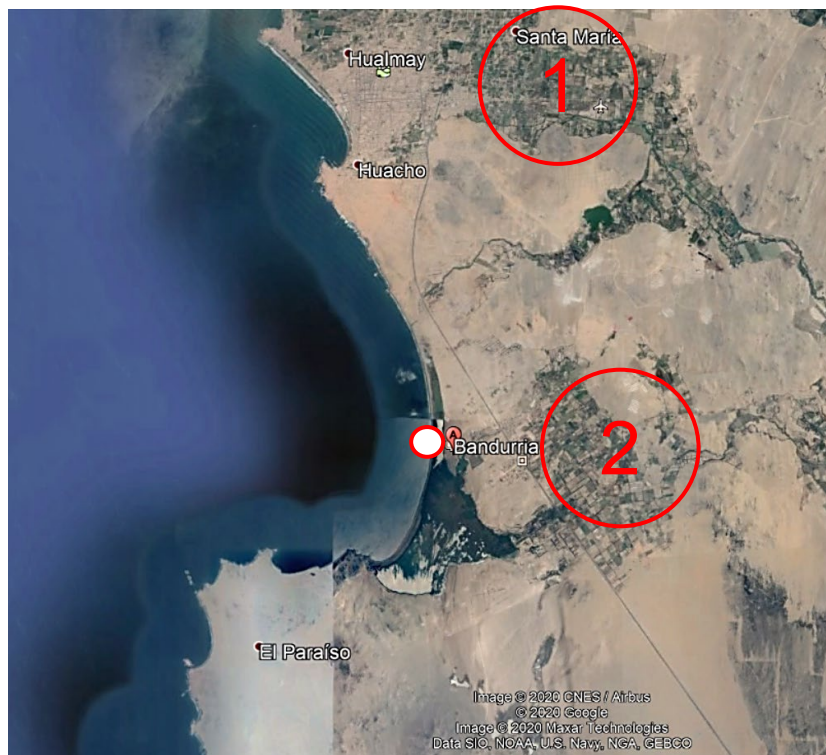


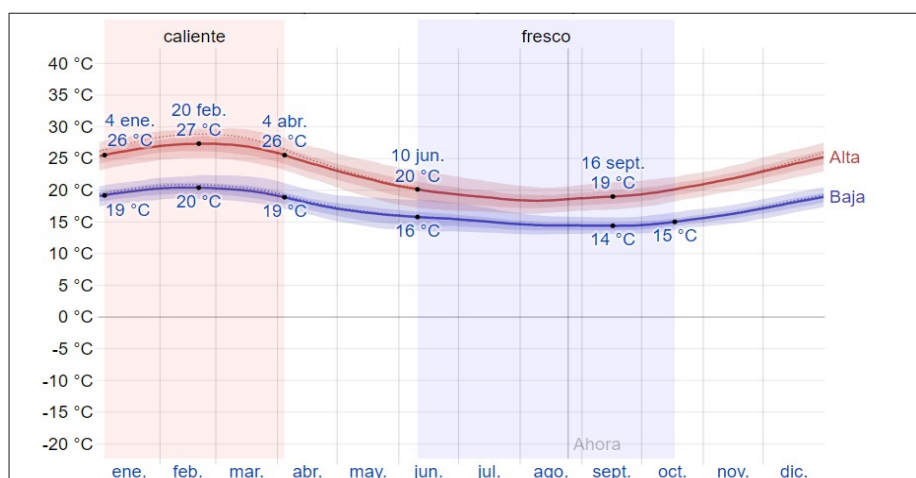
Figura 15: Lugares Turísticos del distrito de Huacho y sus cercanías [25]



Existen muchos destinos turísticos en la provincia de Huaura y en sus cercanías siendo un aspecto bastante importante para el impacto de vuelos a este emplazamiento del norte de la región Lima son: El Paraíso, Lomas de Lachay, Albúfera de Medio Mundo Chancay, Baños de Fierro, Churín, Rapaz, Huacho Sin Pescado, entre otros.

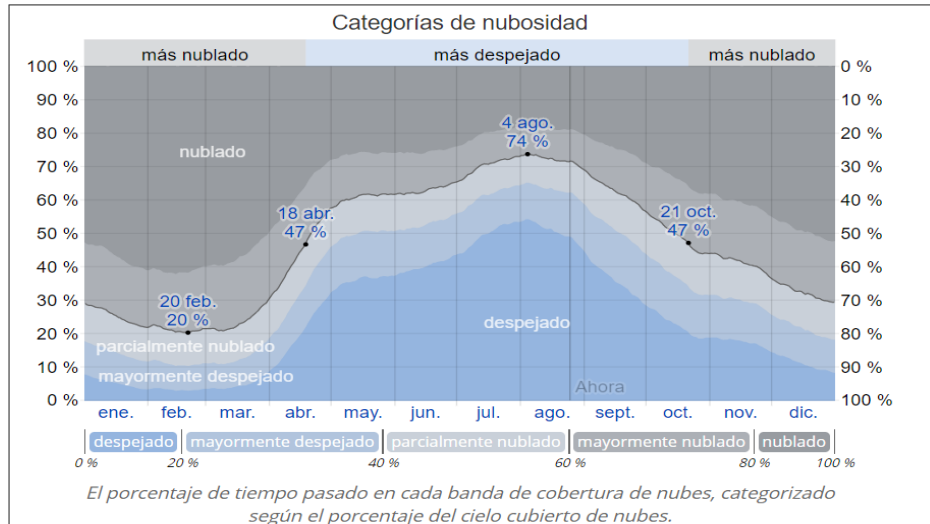
- **Climatología**

Figura 16: Temperatura Máxima y mínima promedio [26]



Respecto a la temperatura esta varía desde 14°C hasta 28°C aproximadamente siendo fresco entre junio a octubre y caliente entre enero a marzo.

Figura 17: Categorías de nubosidad [26]



De la Figura 17 los porcentajes de nubosidad son favorables para los vuelos IFR y VFR. En la Figura 18 la velocidad promedio del viento por hora en Huacho tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. El tiempo más calmado del año dura 5,2 meses. En los días más calmados de viento llega una velocidad promedio de 12 km/h - 12,2 km/h. La orientación del viento promedio es de sur a norte todo el año.

Figura 18: Velocidad del viento [26]

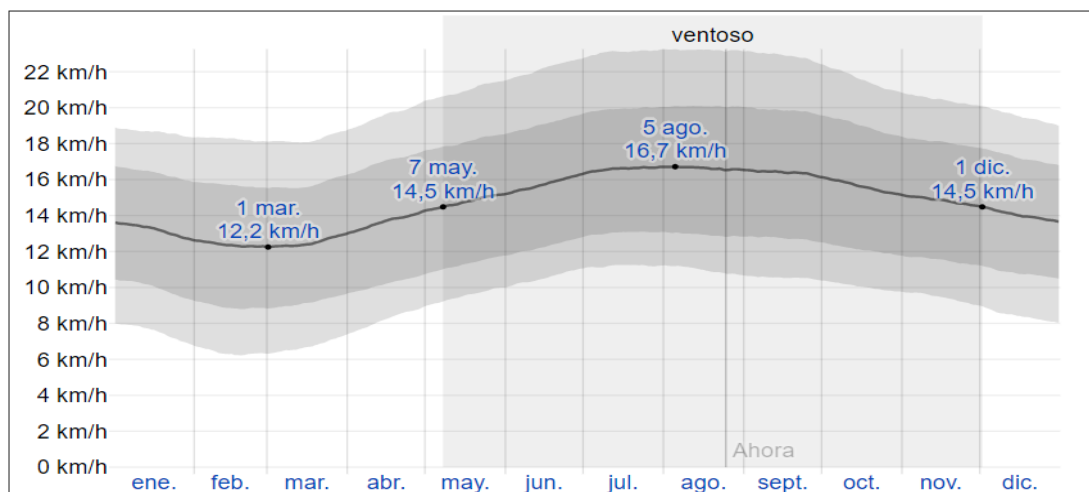
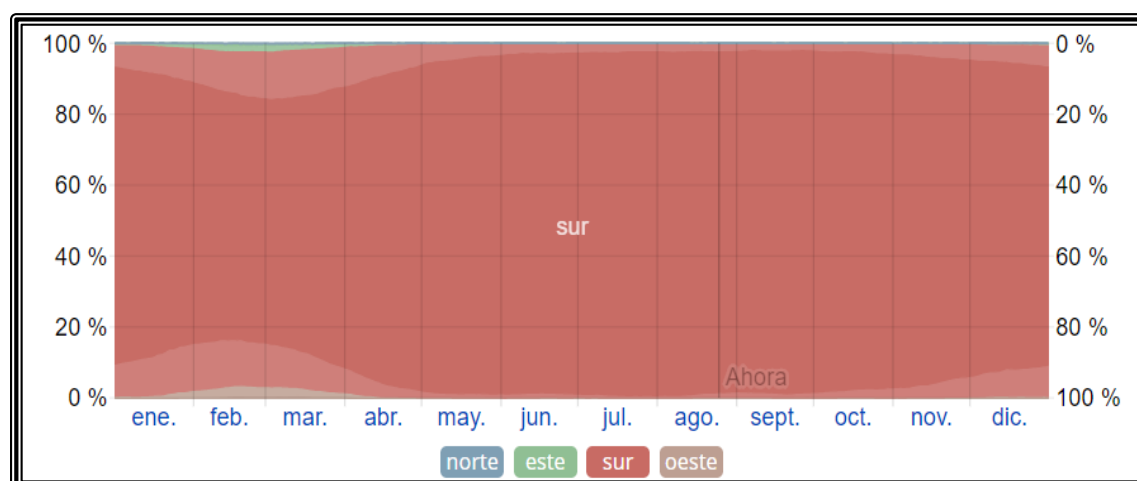


Figura 19: Dirección de la velocidad del viento [26]



Por lo tanto, para la elección exacta del sitio en la Figura 19 se muestra las 2 ubicaciones para elegir la ubicación exacta del sitio del presente diseño aeroportuario. La alternativa que se descarta es el número 1 debido a la topografía y la existencia viviendas en esa zona quedando el Paraíso bajo el siguiente estudio pues ella se ubica alejada de la zona urbana. Existe las condiciones del terreno adecuado y las condiciones meteorológicas para el despegue y aterrizaje de las diversas aeronaves.

3.4 Existencia de operaciones de vuelo en el distrito

En la actualidad como se enuncia en el presente Capítulo en Huacho existe un Club que pertenece a una asociación donde aterrizan aeronaves ligeros en el conocido aeródromo de Huacho que no llega a los 100 movimientos al año. Según los pobladores es usado como deporte y otros fines. Actualmente la zona se encuentra en la ubicación de la alternativa 1, lugar que se llegó a realizar la inspección correspondiente insitu. Debido a la presencia de este se propondrá implementar la aviación general al proyecto de diseño, debido a la presencia para la instrucción de pilotaje, deporte, entre otros.

CAPÍTULO 4.

ESTUDIO DE LA DEMANDA Y DISEÑO

4.1 Estudio de demanda de pasajeros

En este capítulo se analizará la demanda de pasajeros que es una variable de gran importancia para el cálculo de las capacidades en cada elemento que conformarán la propuesta del aeropuerto desde el inicio hasta una proyección media de unos 20 años.

Para el estudio y análisis del diseño geométrico requerido de los elementos y las consideraciones de las instalaciones de apoyo serán definidas en base a los cálculos de flujos de pasajeros y recursos aéreos sobre todo en las salidas e ingresos de aeronaves en hora punta. Entre las actividades que se tiene que evitar se puede destacar los sobredimensionamientos geométricos dado que esto puede conllevar a mucho tiempo de traslado en tierra que se pueden convertir en decenas de horas anuales. Como consecuencia se pueden presentar deficiencias en las operaciones desde de la apertura del servicio aeroportuario.

Para la determinación de la cantidad de la demanda de pasajeros se utilizará como base las estadísticas de demanda de pasajeros y aeronaves de los últimos 20 años en el Perú (desde el año 2000) tomando como referente el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez por ser el más próximo porque el flujo de pasajeros es muy alto además de ser el aeropuerto de mayor movimiento en el país con casi el 50% en servicio de transporte a nivel nacional.

Empezando con el estudio se muestra la Tabla 3 obtenida de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática. Se aprecia la cantidad de población que será beneficiaria directamente a nivel de distritos y provincias del norte de la región.

Se analiza para el caso de la provincia de Barranca que en el 2008 al 2009 se tiene una variación porcentual positiva de 1% obteniendo un crecimiento poblacional en esa provincia de 139,588 a 140,399 habitantes. De la misma forma se analiza desde los años 2008 al 2019 se aprecia un incremento de la población de 1% anual aproximadamente.

En el caso de los distritos, se escoge el distrito de Huacho con una población de 57,614 habitantes en el 2008 y 57,704 en el año 2009 obteniendo aproximadamente un 1%. Se aprecia también que del año 2008 al 2019 logra tener un incremento del 1% anual. Realizando una generalización se estima para ambos casos considerar que tendrá un incremento lineal en el caso de los distritos y también de las provincias. Se obtiene una proyección para los años posteriores del inicio del servicio aeroportuario. Continúa este incremento anual que es un indicador de manera positiva en el norte de la región de Lima.

Tabla 3 :Cantidad de población por provincias y distritos [27]

Provincias y Distritos	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Barranca	139,588	140,399	141,276	142,229	143,216	144,224	145,238	146,241	147,510	148,985	150,474	151,979
Barranca	64,075	64,904	65,770	66,678	67,607	68,547	69,492	70,430	71,383	72,096	72,817	73,545
Paramonga	24,684	24,332	23,991	23,663	23,341	23,023	22,705	22,387	22,209	22,431	22,655	22,881
Pativilca	17,886	18,066	18,254	18,453	18,655	18,861	19,067	19,272	19,496	19,690.00	19,887	20,086
Supe	21,397	21,542	21,697	21,862	22,031	22,202	22,374	22,543	22,762	22,989	23,219	23,451
Supe Puerto	11,546	11,555	11,564	11,573	11,582	11,591	11,600	11,609	11,660	11,776	11,894	12,013
Cajatambo	8,593	8,472	8,356	8,246	8,139	8,035	7,931	7,828	7,754	7,831	7,909	7,988
Cajatambo	2,836	2,750	2,666	2,585	2,506	2,429	2,353	2,281	2,253	2,275	2,298	2,321
Copa	1,010	983	958	933	910	886	864	841	816	824	832.4	840
Gorgor	2,392	2,435	2,477	2,521	2,563	2,605	2,645	2,683	2,708	2,735	2,762	2,790
Huancapón	1,248	1,214	1,181	1,150	1,119	1,089	1,059	1,030	998	1,007	1,018	1,028
Manás	1,107	1,090	1,074	1,057	1,041	1,026	1,010	993	979	988	998.68	1,008
Canta	14,117	14,244	14,378	14,521	14,669	14,820	14,971	15,122	15,283	15,435	15,590	15,746
Canta	3,065	3,024	2,984	2,947	2,908	2,870	2,832	2,794	2,825	2,853	2,881	2,910
Arahuay	743	744	745	746	747	748	749	750	766	773	781.4	789
Huamantanga	1,343	1,337	1,330	1,324	1,318	1,312	1,306	1,300	1,313	1,326	1,339	1,352
Huaros	939	913	889	866	842	819	797	776	774	781	789.56	797
Lachaqui	1,009	988	969	951	932	914	896	878	883	891	900	909
San Buenaventura	539	537	535	533	532	530	528	526	541	546	551	557

Santa Rosa de Quives	6,479	6,701	6,926	7,154	7,390	7,627	7,863	8,098	8,181	8,262	8,345	8,428
Huaral	172,535	174,842	177,259	179,797	182,409	185,076	187,779	190,501	192,978	194,907.00	196,856	198,825
Huaral	92,642	93,666	94,734	95,849	96,986	98,133	99,287	100,436	101,705	102,722	103,749	104,786
Atavillos Alto	982	937	895	854	817	781	745	712	665	671	678	685
Atavillos Bajo	1,401	1,366	1,331	1,298	1,265	1,235	1,203	1,173	1,145	1,156	1,168	1,179
Aucallama	17,032	17,355	17,689	18,038	18,395	18,759	19,129	19,502	19,814	20,012	20,212	20,414
Chancay	52,657	53,851	55,089	56,375	57,692	59,039	60,407	61,790	62,892	63,520	64,156	64,797
Ihuarí	2,735	2,680	2,627	2,575	2,526	2,477	2,429	2,381	2,345	2,368	2,392	2,416
Lampién	527	508	491	475	460	445	430	416	400	404	408	412
Pacaraos	744	701	660	622	586	553	521	490	435	4394	443	448.18
San Miguel de Acos	793	789	785	781	778	774	771	768	766	773	781	789
Santa Cruz de Andamarca	1,277	1,294	1,312	1,331	1,349	1,369	1,388	1,407	1,427	1,441	1,455	1,470
Sumbilca	1,193	1,161	1,129	1,099	1,070	1,041	1,014	986	960	969.6	979	989
Veintisiete de Noviembre	552	534	517	500	485	470	455	440	424	428	432	436
Huaura	206,056	207,687	209,423	211,276	213,188	215,138	217,102	219,059	221,248	223,460	225,695	227,952
Huacho	57,614	57,704	57,817	57,954	58,105	58,252	58,397	58,532	58,898	59,486	60,081	60,682
Ámbar	2,913	2,886	2,859	2,834	2,809	2,785	2,761	2,737	2,727	2,754	2,781	2,809
Caleta de Carquín	6,362	6,417	6,477	6,540	6,604	6,670	6,736	6,801	6,873	6,941	7,011	7,081
Checras	1,568	1,595	1,625	1,654	1,685	1,716	1,748	1,781	1,808	1,826	1,844.34	1,862
Hualmay	27,891	27,970	28,060	28,163	28,270	28,380	28,486	28,589	28,790	29,077	29,368	29,662
Huaura	32,648	33,001	33,371	33,759	34,156	34,561	34,967	35,373	35,796	36,153	36,515	36,880
Leoncio Prado	2,077	2,062	2,048	2,034	2,020	2,007	1,994	1,980	1,976	1,995	2,015.72	2,035

Paccho	2,182	2,183	2,184	2,185	2,186	2,187	2,188	2,189	2,190	2,211	2,234	2,256
Santa Leonor	1,566	1,550	1,533	1,517	1,501	1,486	1,471	1,455	1,447	1,461	1,476.08	1,490
Santa María	29,118	29,686	30,275	30,893	31,528	32,174	32,831	33,496	34,039	34,379	34,723	35,070
Sayán	22,904	23,054	23,214	23,386	23,561	23,740	23,919	24,095	24,324	24,567	24,812	25,061
Végueta	19,213	19,579	19,960	20,357	20,763	21,180	21,604	22,031	22,380	22,603	22,829	23,058
Oyón	21,536	21,690	21,855	22,033	22,217	22,404	22,593	22,782	22,993	23,222	23,455	23,689
Oyón	13,360	13,502	13,650	13,811	13,974	14,141	14,310	14,479	14,655	14,801	14,949	15,099
Andajes	1,073	1,068	1,064	1,060	1,056	1,053	1,049	1,045	1,043	1,053	1,063	1,074
Caujul	959	968	979	990	1,001	1,013	1,024	1,036	1,048	1,058	1,069	1,079
Cochamarca	1,559	1,565	1,572	1,578	1,586	1,593	1,600	1,607	1,616	1,632	1,648	1,664
Naván	1,121	1,130	1,139	1,149	1,160	1,170	1,181	1,192	1,204	1,216	1,228	1,240
Pachangara	3,464	3,457	3,451	3,445	3,440	3,434	3,429	3,423	3,427	3,461.27	3,495.88	3,530.84
TOTAL	540,889	545,644	550,692	556,069	561,621	567,293	573,021	578,751	584,773	590,618	596,524	602,490

Con respecto a la información de la Tabla 3, se tiene 6 provincias y 47 distritos, a continuación, se presenta la siguiente gráfica en el que indica la proyección de población directamente beneficiaria tomando el comportamiento de su crecimiento desde el año 2008 hasta el 2041. De la gráfica de la Figura 20 se muestra la curva de crecimiento de la población en la región norte de Lima conformado por las provincias de Barranca, Cajatambo, Canta, Huaral, Huaura, Oyón, siendo su población actual 602,490 habitantes. De acuerdo a la curva de crecimiento que se ha analizado desde el año 2008 esta podría llegar hasta el año 2042 con una población aproximada de 787,209 de acuerdo al comportamiento de la curva.

Figura 20: Población desde el 2008 y con proyección al 2042



Tabla 4: Cantidad de población de impacto directo del aeropuerto de Huacho en el año 2042

Provincias	Población
Barranca	191,062
Cajatambo	10,042
Canta	19,795
Huaral	249,955
Huaura	286,573
Oyón	29,781
Total	787,209

Lo que continúa del análisis es considerar la participación de aeródromos a nivel nacional respecto al tráfico de pasajeros, información que se obtiene de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). De la Tabla 5 se aprecia que el aeropuerto Jorge Chávez con 47.51% actualmente es el mayor en participación a nivel de aeropuertos y aeródromos del Perú seguido de Cusco con 13.63% y Arequipa con 7.08% y otros aeropuertos de participación con porcentajes menores. De ellos se buscará una relación con el futuro aeropuerto de Huacho para según al comportamiento estadístico en el horizonte de desarrollo.

Tabla 5: Tráfico mensual de pasajeros en los aeropuertos y aeródromos del Perú [28]

Aeródromos/ Aeropuertos	Ene.	Feb.	Mar.	Abril.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total, anual 2019	Particip. (%)
LIMA	478,847	473,175	489,476	504,914	556,795	544,062	602,814	630,281	579,914	558,806	556,947	593,059	6,569,090	47.51%
CUSCO	142,527	124,131	135,072	146,003	168,498	156,017	179,185	193,342	173,949	165,775	158,926	141,293	1,884,718	13.63%
AREQUIPA	67,775	67,019	68,903	77,272	89,002	81,357	90,198	97,426	93,129	80,128	81,908	84,303	978,420	7.08%
IQUITOS	56,797	48,315	49,665	45,451	44,617	42,701	51,877	58,079	49,228	48,868	45,336	47,817	588,751	4.26%
PIURA	45,851	41,204	38,069	41,061	47,461	44,047	50,773	58,617	52,800	49,188	50,549	49,636	569,256	4.12%
TARAPOTO	37,361	34,023	33,573	33,975	38,135	38,219	40,759	43,222	41,101	39,072	37,556	37,939	454,935	3.29%
PUCALLPA	28,997	26,583	28,164	26,057	26,890	27,786	31,387	36,094	30,709	29,263	30,456	35,367	357,753	2.59%
CHICLAYO	23,746	22,839	24,645	24,669	30,422	29,453	29,980	31,985	29,080	29,856	29,417	29,093	335,185	2.42%
TRUJILLO	27,400	25,380	25,833	22,284	28,533	26,185	27,722	28,376	25,955	28,049	30,214	28,382	324,313	2.35%
JULIACA	18,233	17,836	18,885	17,933	20,958	19,039	20,769	23,318	20,840	21,786	21,916	19,760	241,273	1.74%
TACNA	18,507	16,005	16,361	17,353	20,395	21,004	21,191	23,640	21,010	18,833	22,498	22,329	239,126	1.73%
CAJAMARCA	11,703	10,096	12,974	15,615	19,709	21,427	22,455	25,237	23,618	23,977	24,172	21,552	232,535	1.68%
PUERTO MALDONADO	13,438	12,788	13,064	13,117	13,931	13,293	15,218	16,775	15,231	17,159	15,410	15,412	174,836	1.26%
TALARA	18,126	16,178	14,521	11,891	12,198	11,170	12,965	13,517	10,144	10,868	12,251	14,740	158,569	1.15%
AYACUCHO	9,549	9,492	10,824	9,987	10,933	10,211	11,191	14,687	13,301	12,979	13,843	14,714	141,711	1.02%
JAEN	13,679	11,876	11,152	10,853	12,457	10,291	11,474	12,693	10,962	11,423	11,187	12,734	140,781	1.02%
TUMBES	10,923	10,336	10,654	8,894	9,049	7,840	10,844	12,423	10,625	11,446	13,010	13,513	129,557	0.94%
JAUJA	7,393	7,987	9,616	9,138	10,420	9,693	9,714	9,925	9,781	7,907	9,090	10,403	111,067	0.80%
LAS MALVINAS	2,040	2,286	3,061	3,762	3,723	3,590	3,667	3,799	3,637	4,061	4,063	4,494	42,183	0.31%
HUANUCO	1,241	1,465	1,809	1,556	1,693	1,888	2,254	2,672	2,336	2,250	2,125	2,344	23,633	0.17%
ILO	-	-	479	1,221	1,112	1,061	2,097	1,475	1,315	1,345	1,491	1,400	12,996	0.09%
ANDOAS	501	413	624	1,428	705	1,210	924	1,092	1,062	1,508	1,361	1,741	12,569	0.09%
ATALAYA	947	848	898	809	846	837	1,062	1,041	938	1,011	935	1,011	11,183	0.08%
TINGO MARIA	928	898	877	607	681	807	1,136	1,037	908	1,071	1,076	1,051	11,077	0.08%

CHACHAPOYAS	896	739	703	615	748	837	1,171	1,101	966	1,016	563	385	9,740	0.07%
PIÁS	645	659	689	783	811	754	797	862	736	826	781	718	9,061	0.07%
YURIMAGUAS	661	604	720	638	648	732	587	880	724	661	583	613	8,051	0.06%
SAN LORENZO	569	568	657	619	644	699	590	770	634	716	574	539	7,579	0.05%
NUEVO MUNDO	392	346	483	461	593	587	683	704	567	724	778	1,107	7,425	0.05%
CHAGUAL	722	531	671	607	655	557	633	584	548	605	600	707	7,420	0.05%
CONTAMANA	548	493	432	444	495	476	703	740	662	791	652	747	7,183	0.05%
PISCO	75	22	10	9	29	-	885	923	983	984	930	-	4,850	0.04%
TROMPETEROS/ CORRIENTES	-	14	-	223	-	272	993	1,000	268	12	-	-	2,782	0.02%
PUERTO ESPERANZA	154	172	161	183	177	260	267	216	289	252	238	250	2,619	0.02%
BELLAVISTA	161	208	232	213	247	229	182	241	255	195	189	212	2,564	0.02%
EL ESTRECHO	170	244	335	214	207	138	5	201	115	221	220	212	2,282	0.02%
KITENI	136	126	149	189	192	183	205	223	225	220	190	203	2,241	0.02%
CABALLOCOCHA	182	166	232	180	207	113	-	220	141	227	208	216	2,092	0.02%
OTROS	458	363	605	427	481	482	692	573	588	698	635	780	6,782	0.05%
TOTAL	1,042,278	986,428	1,025,27	1,051,655	1,175,297	1,129,507	1,260,049	1,349,991	1,229,274	1,184,777	1,182,878	1,210,776	13,828,188	100.00%

Respecto a la demanda de pasajeros se puede apreciar sus cantidades desde el año 2000 hasta el año 2019 observándose un crecimiento sostenido llegándose a incrementar aproximadamente hasta el año 2019 en 6 veces más, respecto al año 2000.

Tabla 6: Demanda de pasajeros de hace 20 años [28]

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
cant. pasajeros	2,479,093	2,244,335	2,149,854	2,311,193	2,534,631	2,707,377	2,946,975	3,655,756	4,055,204	4,270,510
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
cant. pasajeros	5,459,733	6,170,193	7,221,404	8,290,068	8,950,165	10,005,244	10,794,031	11,708,298	12,710,665	13,828,188

En la siguiente Tabla se puede apreciar las variaciones porcentuales de pasajeros desde el año 2010 hasta el año 2019. Las variaciones porcentuales están indicadas por mes en cada año respectivo, estos cálculos permiten comprender la evolución real de pasajeros.

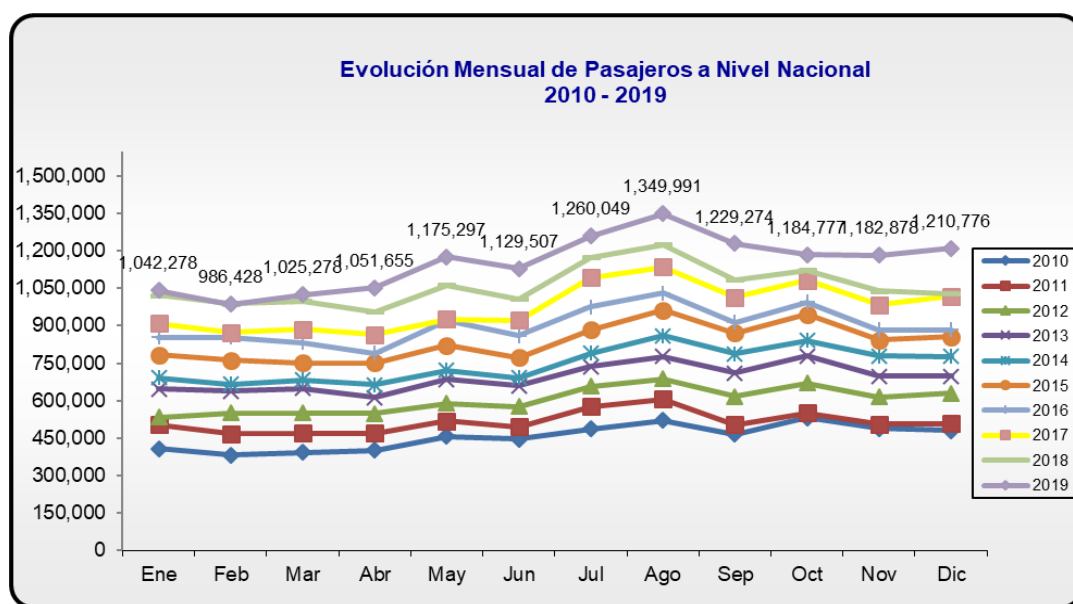
Tabla 7: Variación porcentual del tráfico de pasajeros desde el 2010 hasta el 2019 [28]

Meses Años	Ene.	Feb	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total, General
2010	407,423	380,862	393,502	400,327	456,947	445,701	487,207	521,583	465,489	531,307	489,459	479,926	5,459,733
2011	502,799	466,224	468,793	469,187	518,360	495,441	575,817	605,244	503,253	550,538	506,222	508,315	6,170,193
Variación Porcentual	23.41%	22.41%	19.13%	17.20%	13.44%	11.16%	18.19%	16.04%	8.11%	3.62%	3.42%	5.92%	13.01%
2012	533,980	549,532	550,315	547,413	589,551	575,788	656,400	686,845	616,102	670,553	615,631	629,294	7,221,404
Variación Porcentual	6.20%	17.87%	17.39%	16.67%	13.73%	16.22%	13.99%	13.48%	22.42%	21.80%	21.61%	23.80%	17.04%
2013	646,684	638,464	648,184	613,019	685,925	658,515	737,344	776,308	711,749	779,742	696,935	697,199	8,290,068
Variación Porcentual	21.11%	16.18%	17.78%	11.98%	16.35%	14.37%	12.33%	13.03%	15.52%	16.28%	13.21%	10.79%	14.80%
2014	691,589	666,112	682,840	663,375	721,171	692,211	788,859	860,035	787,703	840,978	778,611	776,681	8,950,165
Variación Porcentual	6.94%	4.33%	5.35%	8.21%	5.14%	5.12%	6.99%	10.79%	10.67%	7.85%	11.72%	11.40%	7.96%
2015	782,477	761,957	750,487	751,134	822,424	773,314	883,733	961,958	871,396	945,663	844,073	856,628	10,005,244
Variación Porcentual	13.14%	14.39%	9.91%	13.23%	14.04%	11.72%	12.03%	11.85%	10.62%	12.45%	8.41%	10.29%	11.79%
2016	853,100	854,575	832,746	789,015	921,848	859,664	976,117	1,032,025	912,892	995,703	882,731	883,615	10,794,031
Variación Porcentual	9.03%	12.16%	10.96%	5.04%	12.09%	11.17%	10.45%	7.28%	4.76%	5.29%	4.58%	3.15%	7.88%
2017	909,298	873,078	885,624	863,897	926,417	922,949	1,092,771	1,135,861	1,014,344	1,082,540	983,141	1,018,378	11,708,298
Variación Porcentual	6.59%	2.17%	6.35%	9.49%	0.50%	7.36%	11.95%	10.06%	11.11%	8.72%	11.37%	15.25%	8.47%
2018	1,021,797	988,505	998,041	955,965	1,063,354	1,006,688	1,174,701	1,226,378	1,084,811	1,121,760	1,038,769	1,029,896	12,710,665
Variación Porcentual	12.37%	13.22%	12.69%	10.66%	14.78%	9.07%	7.50%	7.97%	6.95%	3.62%	5.66%	1.13%	8.56%
2019	1,042,278	986,428	1,025,278	1,051,655	1,175,297	1,129,507	1,260,049	1,349,991	1,229,274	1,184,777	1,182,878	1,210,776	13,828,188

Variación Porcentual	2.00%	-0.21%	2.73%	10.01%	10.53%	12.20%	7.27%	10.08%	13.32%	5.62%	13.87%	17.56%	8.79%
---------------------------------	-------	--------	-------	--------	--------	--------	-------	--------	--------	-------	--------	--------	-------

De forma simplificada se muestra la Figura 21 sobre la evolución mensual de cada año para la demanda de pasajeros. Se aprecia además de ello que entre el intervalo de Julio – Agosto en cada uno de los años tomados como referencia siempre hay un crecimiento mayor o pico máximo de pasajeros.

Figura 21: Evolución Mensual de Pasajeros por año a nivel nacional 2010 – 2019 [28]



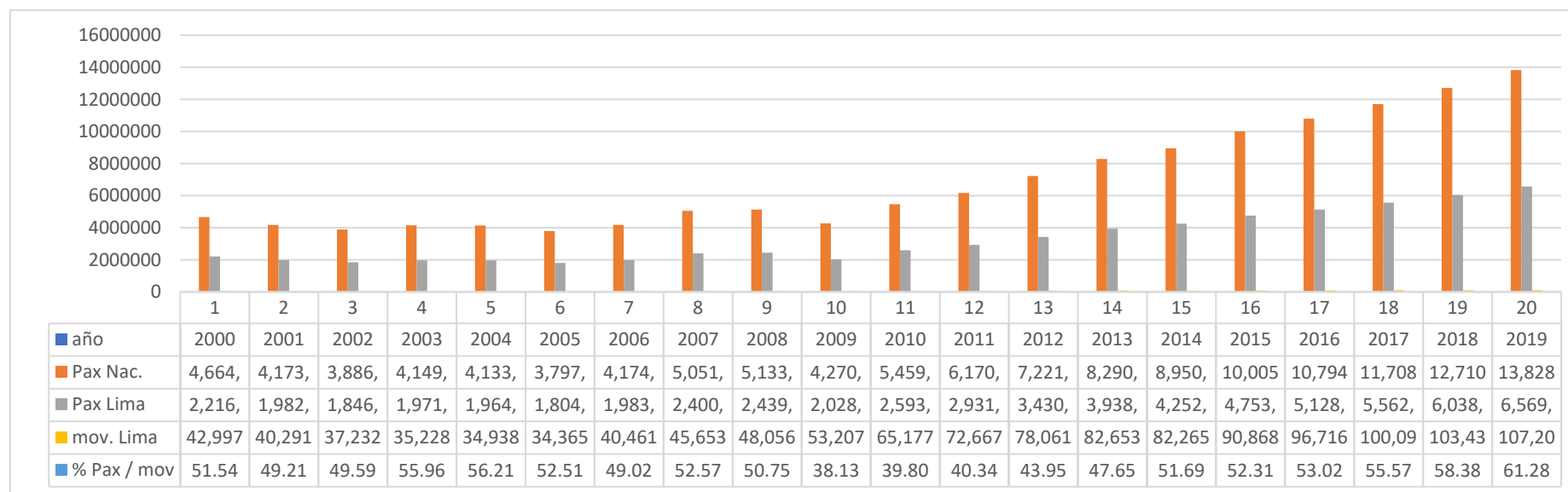
Se tiene la Tabla 8, del que se asume el promedio de participación del Aeropuerto Jorge Chávez con un 47.5% de los movimientos nacionales respecto de los años 2000 al 2019.

Tabla 8: Tráfico de pasajeros promedio de movimientos nacionales desde el año 2000 hasta el 2019

Año	Pasajeros Nacionales	Pasajeros de aeropuerto Jorge Chávez	movimientos de aeronaves	promedio de pasajeros
2000	4,664,766	2,216,230	42,997	51.54
2001	4,173,176	1,982,676	40,291	49.21
2002	3,886,058	1,846,266	37,232	49.59
2003	4,149,412	1,971,386	35,228	55.96
2004	4,133,931	1,964,031	34,938	56.21
2005	3,797,858	1,804,362	34,365	52.51
2006	4,174,781	1,983,438	40,461	49.02
2007	5,051,947	2,400,180	45,653	52.57
2008	5,133,783	2,439,060	48,056	50.75
2009	4,270,510	2,028,919	53,207	38.13
2010	5,459,733	2,593,919	65,177	39.80
2011	6,170,193	2,931,459	72,667	40.34
2012	7,221,404	3,430,889	78,061	43.95
2013	8,290,068	3,938,611	82,653	47.65
2014	8,950,165	4,252,223	82,265	51.69
2015	10,005,244	4,753,491	90,868	52.31
2016	10,794,031	5,128,244	96,716	53.02
2017	11,708,298	5,562,612	100,096	55.57
2018	12,710,665	6,038,837	103,432	58.38
2019	13,828,188	6,569,772	107,202	61.28

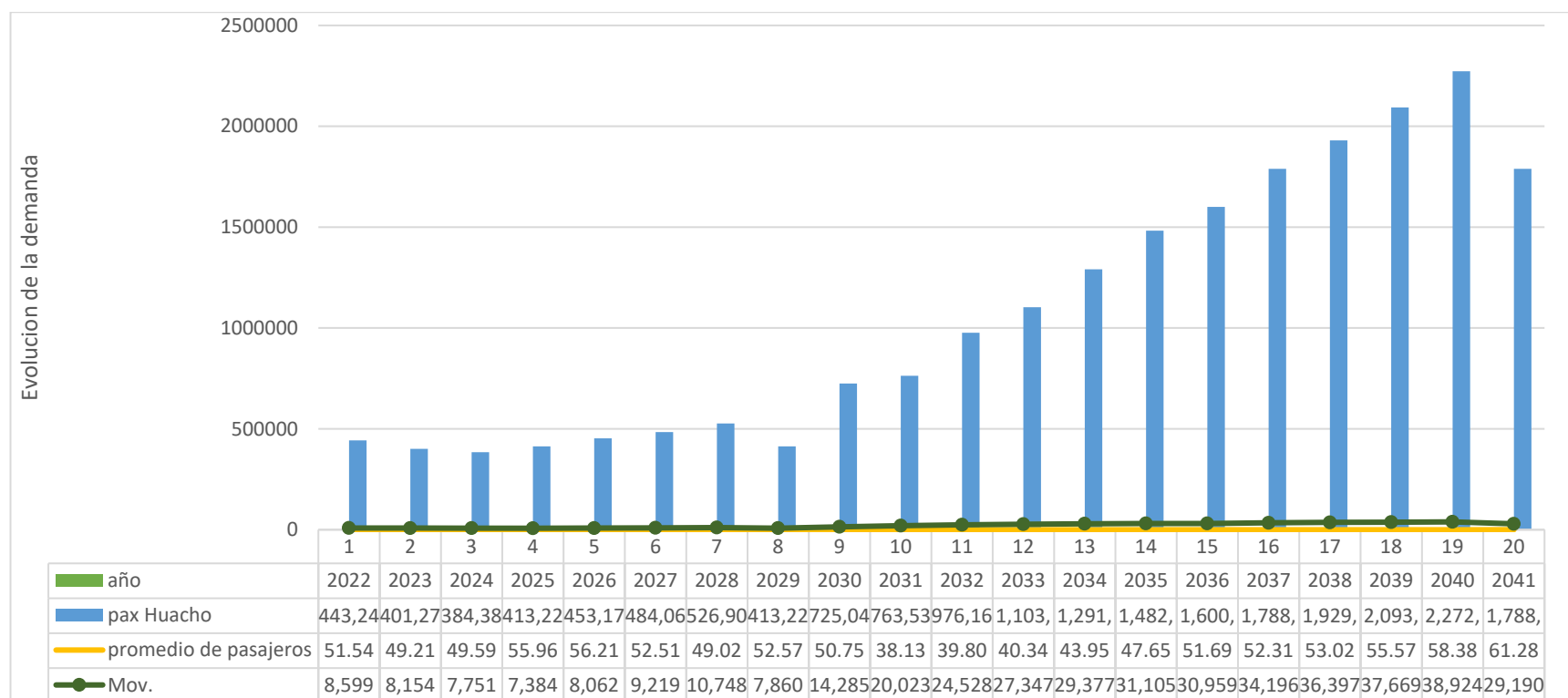
Se muestra en la Figura 22 donde se aprecia la variación de los pasajeros nacionales con respecto a los pasajeros del Aeropuerto Jorge Chávez y también la variación de pasajeros promedio por movimiento respecto a los años 2000 al 2019. El comportamiento de la gráfica indica que es favorable para los 20 años de servicio aeroportuario.

Figura 22: Evolución Mensual de Pasajeros nacionales y del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez 2010 – 2019



Se observa el comportamiento de la variación porcentual de la Figura 22 del que servirá de análisis para determinar la demanda de pasajeros del aeropuerto de Huacho. Iniciando con el valor de la demanda de pasajeros del 20% del aeropuerto de Jorge Chávez del año 2000, porcentaje que se ha analizado de 10% a 100% determinando que para el 20% se obtiene una participación porcentual nacional de 3.2% siendo este un porcentaje admisible para la implementación de un aeropuerto permitiendo así mostrar la siguiente gráfica.

Figura 23: Evolución previsible del aeropuerto de Huacho



Mostrada la Figura 23 se aprecia que el incremento considerable es a partir del año 2030 con 75% de incremento llegando a 725,047 pasajeros anuales. Esto debido al reconocimiento al aspecto socioeconómico que surgirá luego de su impacto en el norte de la región de Lima para los 7 años de su apertura.

A continuación, se muestra la cantidad de aeronaves por modelo de las empresas de transporte comercial y sus respectivas capacidades.

Tabla 9: Flotas de las Empresas en la actualidad

FLOTA	A319	A320	A321	TOTAL
CAPACIDAD DE OCUPACION	144	156	184	
EMPRESAS	Cantidad de Flotas			
LATAM	15	25	1	41
VIVA	0	8	0	8
SKY	0	6	0	6
total	15	39	1	55

Las aeronaves comerciales realizan por lo general los vuelos con el 80 - 85 % de capacidad. La aeronave A320 con 156 asientos, A319 con 144 y A 321 con 184 asientos. Se asume que para las categorías A y B por la presencia de operaciones en Huacho se considera el 10%, 89.5% para las aeronaves de categoría C y 0.5% para la categoría D. Se toma estos 0.5% debido a las posibilidades de que se use el aeropuerto de manera alterna al aeropuerto Jorge Chávez u otros aspectos que se pueda considerar en la demanda de aeronaves de esta categoría.

A continuación, se muestra el porcentaje de pasajeros según el tipo de categoría de aeronave.

Tabla 10: Capacidad de pasajeros promedio por aeronave

	Tipo de categoría		
	A+B	C	D
Porcentaje	10%	89.5%	0.5%
Capacidad media de pasajeros	3	124.8	268

Lo que sigue es determinar la aeronave hora punta el PHP que viene dado por la siguiente expresión:

$$AHP = \frac{PHP}{0.1 \times 3 + 0.895 \times 124.8 + 0.005 \times 268} \quad (1)$$

$$PHP = 112.0 AHP$$

Parámetros de diseño [4] PHD (pasajeros hora diseño) y AHD (aeronaves hora diseño). Estos valores se relacionan con las cantidades horas punta del PHP (pasajeros hora punta) y AHP (aeronaves hora punta) en un 80% respectivamente y para el cálculo de estos parámetros se guiará de la siguiente ecuación:

$$Y = 105.62X^{-0.4723} \quad (2)$$

Donde “Y” representa al % de pasajeros hora punta y “X” los pasajeros anuales totales

$$Y_1 = 0.22742\%$$

$$Y_2 = 0.14208\%$$

Los valores PHP se calculan multiplicando con los valores de pasajeros anuales totales de la Figura 27, concluyendo a la siguiente Tabla:

Tabla 11: Demanda en el horizonte inicial y de desarrollo.

	PASAJEROS ANUALES	AERONAVES ANUALES	PHP	PHD	AHP	AHD
HORIZONTE INICIAL	500,000	7,898	1,137	909	10	8
HORIZONTE DE DESARROLLO	2,000,000	17,770	2,841	2,272	25	20

4.2 Propuesta de diseño

En esta parte del documento se determina la infraestructura o áreas requeridas en base los parámetros de diseño indicadas en la Tabla 11 teniendo como guía el Manual de Aeródromos de la OACI y del libro de Ingeniería aeroportuaria de Marcos García Cruzado. Lo que se busca en este diseño es garantizar y asegurar que el nuevo aeropuerto tenga la capacidad de satisfacer la demanda que esta requiera para la aviación comercial y general, a corto, mediano y largo plazo en el horizonte de su desarrollo.

Para caracterizar la nueva infraestructura aeroportuaria se deberá dar una categoría. En análisis del aeropuerto Jorge Chávez que en su mayoría operan aeronaves tipo A, B y C, vuelos nacionales y D y E, como transporte de carga y vuelos internacionales. Por ello el aeropuerto tendrá número de clave 4 y letra de clave C. La mayoría de aeronaves que operara el aeropuerto de Huacho son de categoría C. Se podrá recibir aeronaves de categoría D por la proyección en convertirse en el alterno al Jorge Chávez.

Tabla 12: Clave de referencia de aeródromo [35]

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE		ELEMENTO 2 DE LA CLAVE		
Núm. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal ^a
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

4.3 Diseño de los elementos aeroportuarios requeridos

Los espacios requeridos para los elementos que constituyen el aeropuerto pista principal, calle de rodaje, plataforma, torre de control, edificio terminal e instalaciones de apoyo.

4.3.1 Pista

La pista es el elemento que tiene mayor extensión y que caracteriza en gran medida al aeropuerto. Su superficie es requerida para la realización de aterrizaje y despegue de aeronaves. La pista es diseñada según sea la categoría y demanda que esta pueda tener. A continuación, se muestra como referencia una lista de pistas de aeropuertos a nivel nacional.

Tabla 13: Características de los principales aeropuertos – longitud de pista.

Características de los principales aeropuertos				
Aeropuerto	Longitud de Pista (m)	Aeronave crítica	Horario	Aproximación
Cusco	3,400 x 45	B757	H12	NP
Arequipa	2,980 x 45	B727	H16	Cat I
Iquitos	2,500 x 45	A310	H24	Cat I
Pucallpa	2,800 x 45	B727	H18	NP
Juliaca	4,200 x 45	B737	H12	NP
Piura	2,500 x 45	B727	H14	NP
Tarapoto	2,600 x 45	B727	H12	NP
P. Maldonado	3,500 x 45	B757	H12	Cat I
Trujillo	3,000 x 45	B747	H14	NP
Tacna	2,500 x 45	B757	H16	Cat I
Cajamarca	2,500 x 45	B737	H12	NP
Tumbes	2,500 x 45	B747	H16	NP
Ayacucho	2,800 x 45	B737	H12	NP

De la Tabla 13 se indica las características principales de aeropuertos que están relacionadas a la longitud de la pista con la aeronave crítica. Para el cálculo de la longitud de pista se realiza las siguientes correcciones de elevación, temperatura y pendiente.

La elevación se toma como referencia la elevación del aeropuerto en el punto que esté notificado cuya altura respecto al nivel del mar sea la mayor.

Para la temperatura de referencia se considera el promedio de las temperaturas mayores del mes que la tenga más alta, considerando el promedio de más de dos años en °C.

La pendiente es la variación entre el nivel más alto y el más bajo entre la longitud total en el que puede llegar a ser positivo o negativo llegando a ser descendente o ascendente.

La longitud reducida es referida en base a las condiciones estándar o normales por lo que la temperatura se considera 15 °C, elevación 0 msnm; viento tranquilo, pista y pendiente nulo $H = 40$ msnm.

Las expresiones de los factores de corrección, extraídas del Manual de Diseño de Aeródromos, Parte 1 “Pistas”, son:

$$F_h \times F_t = \left[1 + \frac{0.07h}{300} \right] [1 + 0.01[t_r - t_{sh}]] > 1.35 \quad (3)$$

$$\text{Factor de elevación: } F_h = \left[1 + 0.07 \times \frac{h}{300} \right] \quad (4)$$

$$\text{Factor de temperatura: } F_t = 1 + 0.01(T_{ref} - [15 - 0.0065 \times h.]) \quad (5)$$

$$\text{Factor de pendiente: } F_p = 1 + (0.60.1) \quad (6)$$

$$F_h = \left[1 + \frac{0.070 \times 40}{300} \right] = 1.016$$

$$F_t = 1 + 0.01(28 - (15 - 0.0065 \times 75)) = 1.1348$$

$$F_p = 1 + (0.6 \times 0.1) = 1.06$$

$$F_h \times F_t \times F_p < 1.35$$

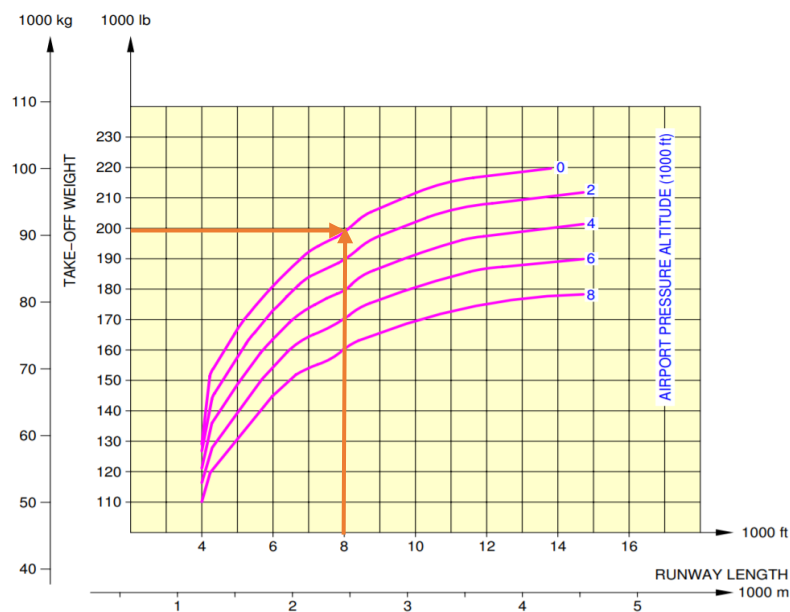
Longitud de despegue $2100 \times 1.016 \times 1.348 \times 1.06 = 2,566.48 \text{ m}$

Longitud de aterrizaje $1500 \times 1.016 \times 1.06 = 1,615.44 \text{ m}$

Por lo tanto, la longitud efectiva necesaria es 2566.48 m para el aeropuerto.

Existen también otras formas de calcular de manera aproximada la longitud de pista, contando con el documento, AIRCRAFT CHARACTERISTICS AIRPORT AND MAINTENANCE PLANNING de la aeronave A321, estos parámetros son el PAY LOAD, TAKE OF WEIGHT Y RUNWAY LENGTH que a continuación se muestra las gráficas siguientes.

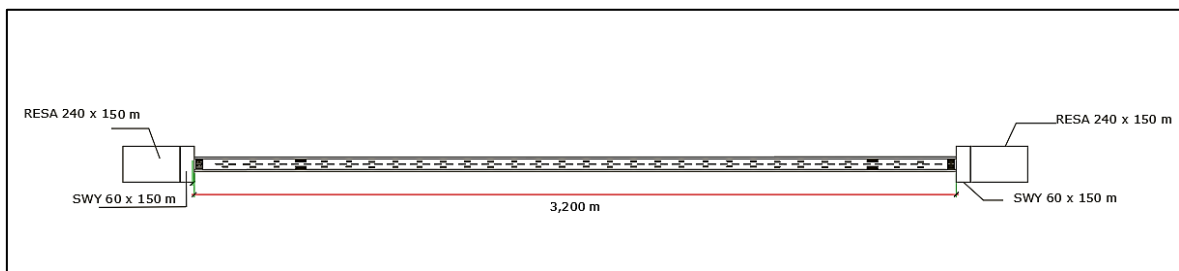
Figura 24: Peso máximo al despegue /longitud de pista para el Airbus 321 [36]



Para las condiciones que muestra la Figura 24 se requiere la longitud de 2,500 m aproximadamente, para 90,000 kg, peso que opera con frecuencia logrando así despegar y aterrizar sin problemas. Se indica además que la pista será de aproximación CAT I, ILS - Instrumental Landing System (Sistema de Aterrizaje Instrumental).

Concluyendo para la longitud de pista que tendrá el aeropuerto será incrementado a 3,200 m de longitud para darle seguridad en los aterrizajes y despegues en lo que da cabida a operaciones de vuelos de aeronaves de clasificación D. Debido a la alternancia indicada también se considera que la RESA (Área de seguridad de extremo de pista) será de 240 x 150 m juntamente con el SWY de 60 x 150 m de acuerdo a lo indicado en la RAP 314 para la categoría de la pista proyectada para el aeropuerto.

Figura 25: Longitud de pista.

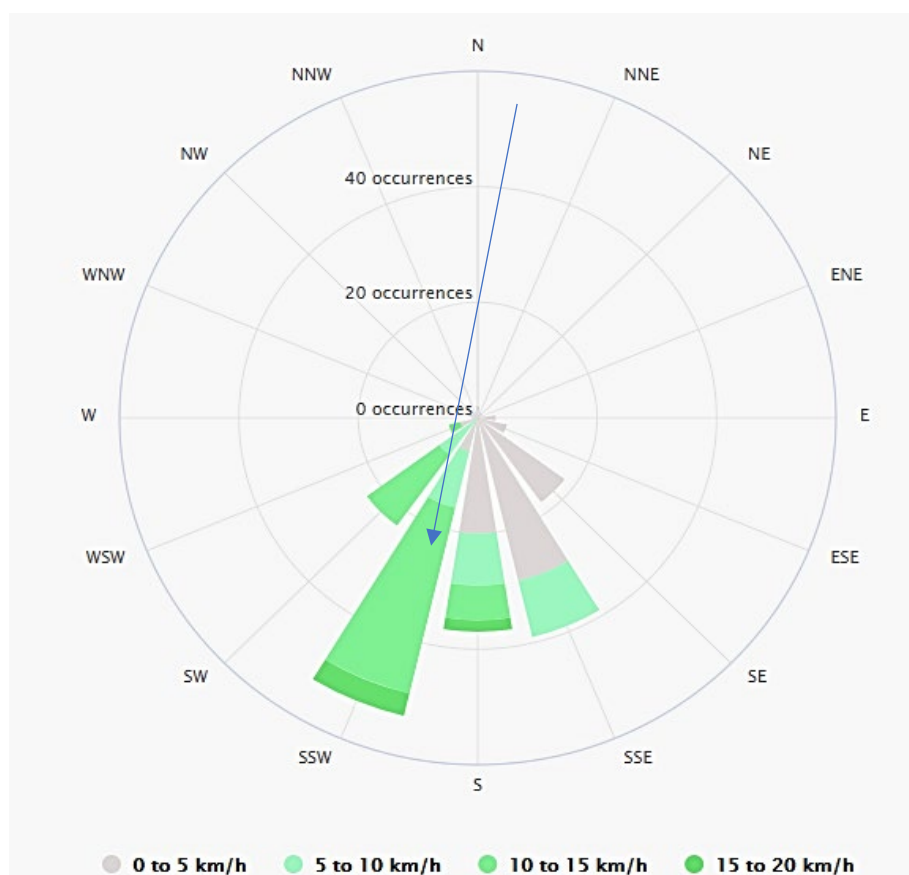


Respecto a la acción del viento para la orientación de la pista en el Manual de Diseño de Aeródromos, Parte 1, Pistas en los puntos 2.1.6 y 2.1.7 manifiesta lo siguiente:

“Para el viento [19], la orientación para la longitud y la cantidad de pistas en un aeródromo tendrán que ser de tal forma que el 95 % correspondiente al coeficiente de utilización sea menor a este porcentaje para las aeronaves que el aeropuerto de servicio”.

En condiciones normales se asume que al aplicar el 95 % se impida el despegue o aterrizaje para una aeronave que la fuerza transversal del viento no sea mayor a 37 km/h para aeronaves que tenga 1,500 m de campo de referencia o más, 24 km/h para las aeronaves que tengan una longitud de campo de referencia 1,200 m hasta 1,500 m y 19 km/h para aviones que tenga su longitud de campo de referencia menor a 1,200 m.

Figura 26. Distribución de la fuerza del viento según método de la rosa de los vientos [37]



El gráfico indica que la orientación del sentido de la fuerza del viento llega hasta 20 km/h y la fuerza transversal puede llegar hasta 15 km/h. Aceptado, por lo tanto, se aprecia también que la orientación de la pista será 02-20.

Tabla 14: Características geométricas de la pista

Longitud	3,200 m
Anchura de pista	45 m
Pendiente longitudinal de pista	1%
Cambios de pendiente longitudinal de pista	1.5%
Pendientes transversal de pista	1.5%
Longitud de franja de pista	60 m antes del umbral /60 m posterior de la pista.
Anchura de franja de pista	150 m para ambos extremos de la pista.
Márgenes de pista	Ancho de pista + márgenes = 60 m

Pendiente transversal en la porción de franja de pista nivelada	2.5%			
Pendientes de las márgenes de pista	2.5%			
Pendiente longitudinal a lo largo de la porción de franja de pista nivelada	1.5%			
Nivelación de las franjas de pista	75 m desde el eje de pista			
AREA DE SEGURIDAD				
Dimensiones del área de seguridad de extremo de pista	Largo 240 m y 150 m			
Pendientes transversales	4%			
Pendientes longitudinales	4%			
	TODA	TORA	ASDA	LDA
PISTA 02	3,320 m	3,200 m	3,320 m	3,200 m
PISTA 20	3,320 m	3,200 m	3,320 m	3,200 m

4.3.2 Calle de rodaje

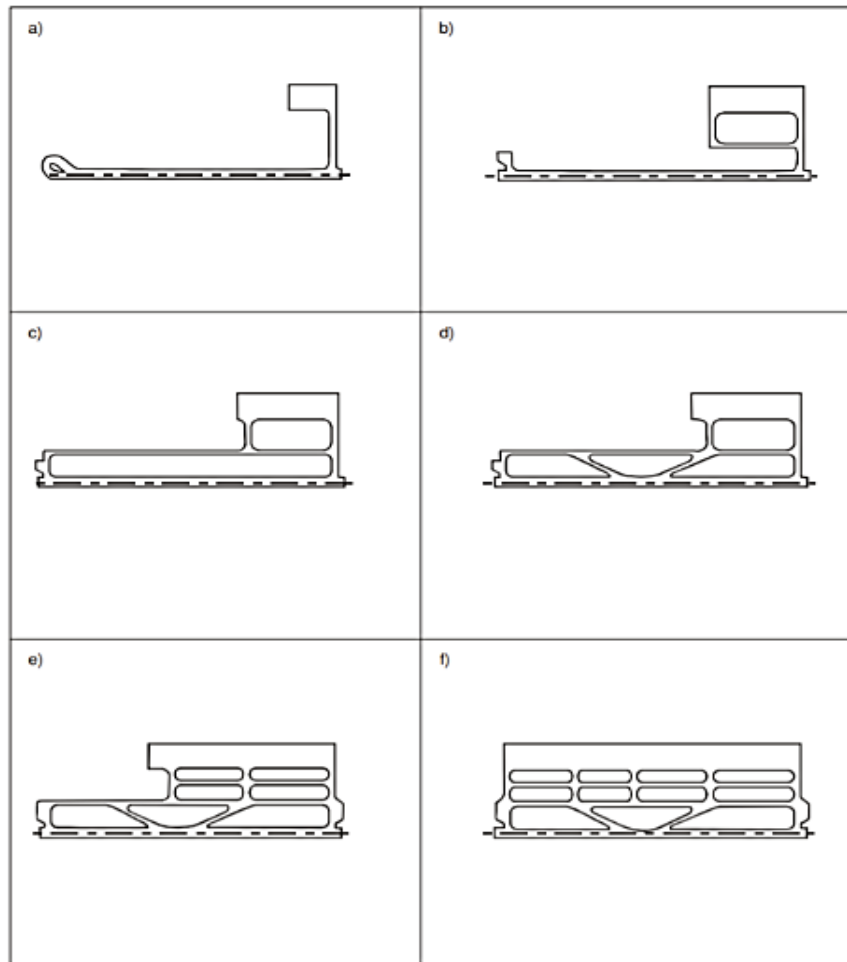
Las calles de rodaje son vías que conectan a la pista de aterrizaje con la plataforma del aeropuerto. Respecto al diseño geométrico se busca que sea seguro y rápido de acuerdo a la demanda de vuelos.

Normativas aplicables: Manual de planificación sobre aeropuerto, según Doc. 9184-AN 1902 Parte I OACI y Manual de diseño de aeródromos, parte 2, calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera.

Las características para el diseño del sistema de calle de rodaje son:

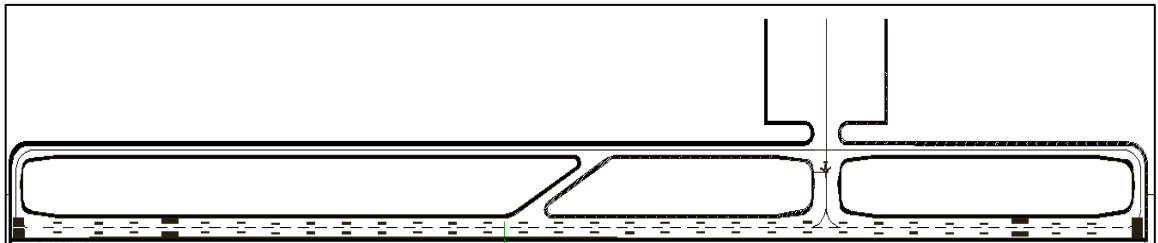
- ✓ Tienen que ser las más cortas posible para abaratar los costos y minimizar los tiempos de operación.
- ✓ Tienen que ser los más sencillos posibles para no confundir al piloto en su operación.
- ✓ Es necesario destacar que los tramos rectos y curvas suaves logran tener mayor rendimiento.
- ✓ Tienen que evitar el cruce con otras pistas y calles.
- ✓ Para al inicio y proyección de más calles de rodajes se deben diseñar de manera que no interfiera en futuras ampliaciones en el sistema de calles de rodajes.

Figura 27: Etapas de ampliación de un sistema de calles de rodaje [38]



Dada algunas configuraciones de sistema de calles de rodajes y la demanda de operaciones según al inicio del servicio aeroportuario y en análisis de los tiempos de servicio en hora punta con los sistemas de calle de rodajes el tipo C. Se presentará una configuración de sistema de calle de rodaje.

Figura 28: Configuración de calle de rodaje avanzada



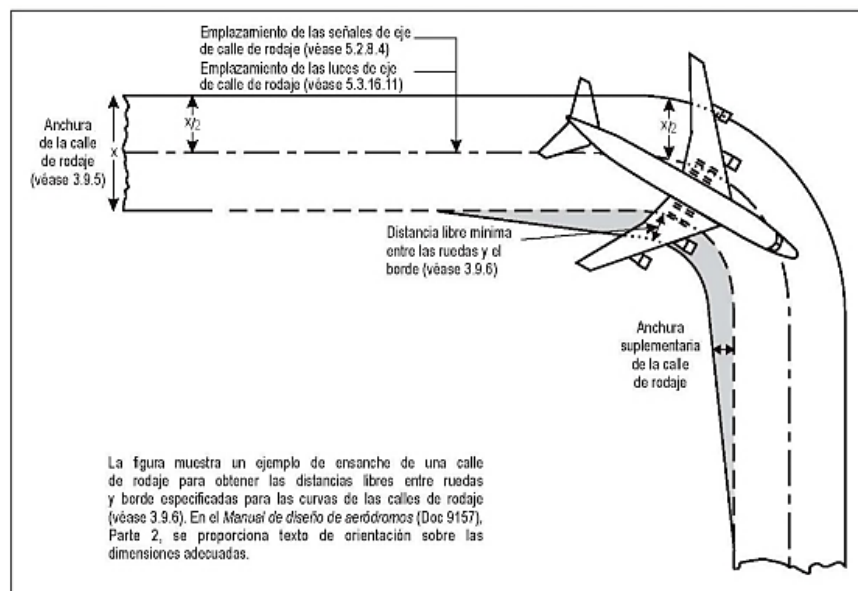
Las distancias en los cambios de dirección en la calle de rodaje tienen que ser como mínimo 4.5 m para la clave D medido desde el tren principal hacia el borde de la calle de rodaje.

Según la ecuación conocida para los radios de giro, se tiene:

$$R = \frac{V^2}{a} \quad (7)$$

Válida de casos experimentales se admite una aceleración centrífuga de 1.304 m/s² para una velocidad promedio entre 40 - 50 km/h.

Figura 29: Curva de calle de Rodaje [38]

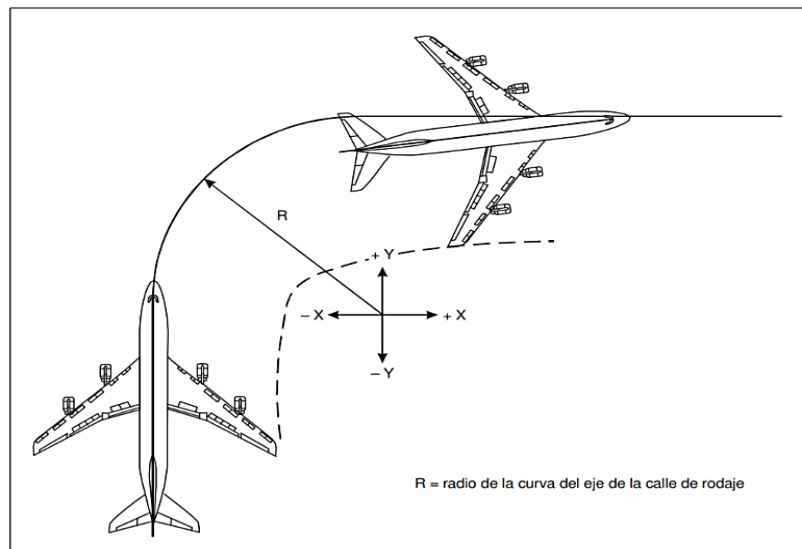


El radio de 22.0 m es el recorrido que hace la punta del ala. La referencia viene dada por el tren principal y el borde de la calle. Para que el giro en el cual el tren de nariz tenga que seguir los trenes principales salen del eje y se ven necesarios realizar un espacio adicional de superficie en el borde de la calle para que pueda girar sin dificultades.

La superficie de ensanchamiento en las curvas o secciones circulares son necesarias y se debe considerar los radios de giro de las aeronaves de servicio y las distancias de guarda entre el tren principal y borde de pista. Las longitudes máximas de rodadura son de 1.5% para la clave D.

El análisis para el cálculo del diseño del ensanchamiento de la superficie en los giros de la calle de rodaje viene dado por la siguiente gráfica. Se recomienda hacer el seguimiento de la trayectoria del extremo del ala inferior (puesto de pilotaje sobre el eje de la calle de rodaje) debido a que la maniobra de giro de la aeronave hace un barrido más cerrado en referencia del tren principal con el de nariz.

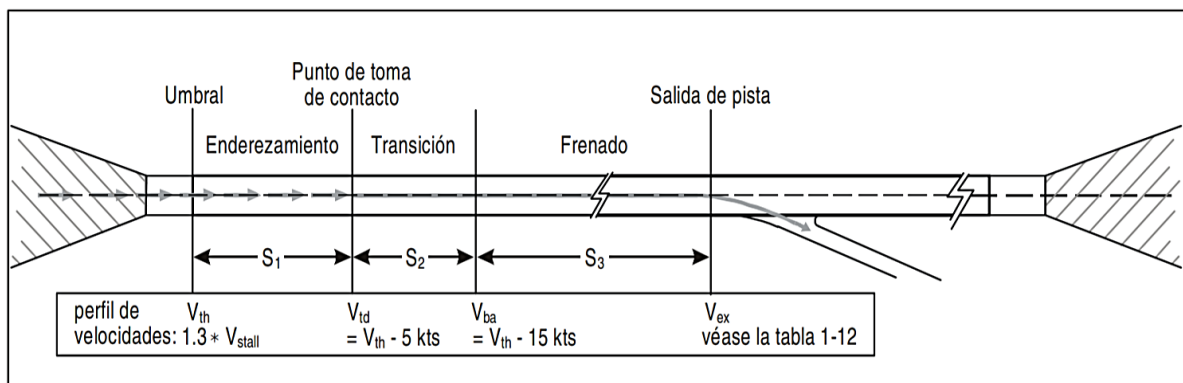
Figura 30: Trayectoria del extremo del ala inferior – eje de la calle de rodaje [38]



Se muestra la Figura 30 como referencia para un diseño aproximado en las curvas para los giros (indicados en los planos anexos).

Calle de salida rápida, una vía para el rápido acceso de la aeronave desde la pista y su respectiva liberación para el próximo movimiento de aterrizaje o despegue teniendo por objeto la seguridad de las operaciones.

Figura 31: Método de tres segmentos [38]



$$V_{td}: V_{th} - 9.26 \text{ km/h} \quad (8)$$

$$V_{th}: 1.3 \cdot V_{stall} \quad (9)$$

V_{ba} : Velocidad en hipótesis, para la aplicación de los frenos.

V_{ex} : Velocidad real de salida de pista.

Para el número de clave 3 o 4.

S_1 : Longitud que es calculado para el punto medio proyectado en la toma de contacto que llegando a ser corregida para la pendiente descendente y la fuerza del viento en la cola, se indica a continuación:

Categoría de aeronave C y D: $S_1 = 450 \text{ m}$.

Corrección para la pendiente: $+ 50 \text{ m} / - 0.25 \%$.

Corrección para el viento de sola: $+ 50 \text{ m} / + 9.26 \text{ km/h}$.

Categoría de aeronave A y B: $S_1 = 250 \text{ m}$

Corrección para la pendiente: $+ 30 \text{ m} / - 0.25 \%$

Corrección para el viento de cola: $+ 30 \text{ m} / + 9.26 \text{ km/h}$.

S_2 : Longitud que se calcula para un tiempo de transición en hipótesis.

$\Delta t = 10 \text{ s}$ a una velocidad media en tierra.

$$S_2 = 10 \times V_{av} \quad (10)$$

Dónde: V_{av} está en m/s

$$S_2 = 5 \times (V_{th} - 10) = 408.11 \text{ m}; V_{th} \text{ en km/h}$$

S_3 : Distancia recorrida de aplicación de frenos se calcula en base al régimen de desaceleración hipotético.

$$S_3 = \frac{V_{ba}^2 - V_{ex}^2}{2a} \quad (11)$$

Donde "V" en m/s y "a" en m/s²

Lo que para fines en casos de desaceleración se tiene a "a" = 1.5 m/s²

Para la determinación de la velocidad Stall, según el Manual de aeródromos parte 2, definen en grupos lo que identificando a nuestra clasificación de aeropuerto se tiene de esta manera Grupo C: A300, A310, A320, A321, donde corresponde la velocidad entre 224 km/h y 259 km/h, usando $V_{th} = 260$ km/h para el cálculo se tiene:

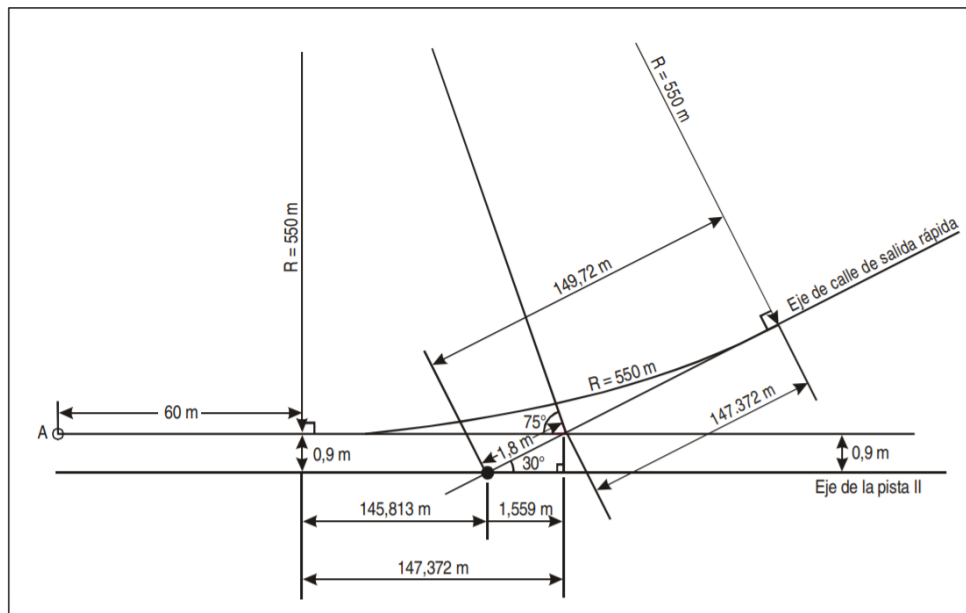
$$S_3 = \frac{(V_{th}-15)^2 - V_{ex}^2}{2a} \quad (12)$$

$$S_3 = 541.621m$$

De la Figura 31, por lo tanto, del método de los 3 segmentos para una salida rápida de la pista se tiene:

$$S_1 + S_2 + S_3 = 1399.7 \approx 1400 m$$

Figura 32: Trazado de calle de salida rápida – clave 3 o 4 [38]



Los datos geométricos calculados del estudio de la pista juntamente con la calle de rodaje son para realizar movimientos de aeronaves respetando siempre los parámetros técnicos de operación, tales como seguridad, eficacia, configuración geométrica y flexibilidad de diseño que son aspectos que se logra obtener para un buen servicio con mínimos tiempos de demora en las operaciones vinculadas a lo calculado en la Tabla 11. Así se tendrá un aeropuerto en el inicio de la apertura una calle de rodaje sin salida rápida como muestra la

Figura 29. Para el horizonte de desarrollo del aeropuerto se considerará implementar la calle de salida rápida. Para las características físicas que deben ser consideradas para el diseño viene dado por la siguiente Tabla.

Tabla 15: Características físicas para el diseño de una calle de rodaje [38]

Características físicas	Letra de clave					
	A	B	C	D	E	F
Anchura mínima de:						
pavimento de la calle de rodaje	7,5 m	10,5 m	18 m ^a 15 m ^b	23 m ^c 18 m ^d	23 m	25 m
pavimento y margen de la calle de rodaje	—	—	25 m	38 m	44 m	60 m
franja de la calle de rodaje	32,5 m	43 m	52 m	81 m	95 m	115 m
parte nivelada de la franja de la calle de rodaje	22 m	25 m	25 m	38 m	44 m	60 m
Distancia libre mínima entre la rueda exterior del tren de aterrizaje principal y el borde de la calle de rodaje	1,5 m	2,25 m	4,5 m ^a 3 m ^b	4,5 m	4,5 m	4,5 m
Separación mínima entre el eje de la calle de rodaje y:						
eje de una pista de vuelo por instrumentos						
número de clave 1	82,5 m	87 m	—	—	—	—
2	82,5 m	87 m	—	—	—	—
3	—	—	168 m	176 m	—	—
4	—	—	—	176 m	182,5 m	190 m
eje de una pista que no sea de vuelo por instrumentos						
número de clave 1	37,5 m	42 m	—	—	—	—
2	47,5 m	52 m	—	—	—	—
3	—	—	93 m	101 m	—	—
4	—	—	—	101 m	107,5 m	115 m
eje de calle de rodaje	23,75 m	33,5 m	44 m	66,5 m	80 m	97,5 m
objeto						
calle de rodaje ^e	16,25 m	21,5 m	26 m	40,5 m	47,5 m	57,5 m
calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves	12 m	16,5 m	24,5 m	36 m	42,5 m	50,5 m
Pendiente longitudinal máxima de la calle de rodaje:						
pavimento	3%	3%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
variación de la pendiente	1% por 25 m	1% por 25 m	1% por 30 m	1% por 30 m	1% por 30 m	1% por 30 m
Pendiente transversal máxima de:						
pavimento de la calle de rodaje	2%	2%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
parte nivelada de la franja de la calle de rodaje						
pendiente ascendente	3%	3%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
pendiente descendente	5%	5%	5%	5%	5%	5%
parte no nivelada de la franja						
pendiente ascendente	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Radio mínimo de la curva vertical longitudinal	2 500 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Alcance visual mínimo en la calle de rodaje	150 m desde una altura de 1,5 m	200 m desde una altura de 2 m	300 m desde una altura de 3 m	300 m desde una altura de 3 m	300 m desde una altura de 3 m	300 m desde una altura de 3 m

Por lo tanto, se determina las características en base a la letra de clave, por lo que concluye a la siguiente Tabla:

Tabla 16: Características físicas para el diseño de la calle de rodaje

Anchura de calle de rodaje	23 m
Márgenes de las calles de rodaje	Ancho de calle de rodaje + márgenes = 38 m (se considera 7.5 m a ambos lados de la calle de rodaje)
Distancia mínima entre calle de rodaje	66.5 m
Distancia mínima entre calle de rodaje y la pista	176 m
Nivelación en las franjas de la calle de rodaje	Distancia mínima de 19 m, desde el eje de la calle de rodaje.
Distancia entre ruedas exteriores tren principal y borde de calle de rodaje	4.5 m como mínimo
Pendiente longitudinal de calle de rodaje	1.5%
Pendiente transversal de calle de rodaje	1.5%
Radio de giro	33.25 m letra D

4.3.3 Plataforma

La plataforma es la superficie que destina a dar cabida a las aeronaves para que se lleven a cabo las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros y equipajes, también otras operaciones de servicio de atención a la aeronave como mantenimientos menores, limpieza, abastecimiento de combustible, entre otros.

Las consideraciones que se tiene para diseñar esta área se detallan en el presente contexto teniendo como referencias el Manual de Diseño Calle de Rodajes, Plataformas y Apartaderos de Espera, Doc. 9184-AN 1902 Parte I OACI.

Existen diferentes tipos de concepto de plataformas sobre la terminal de pasajeros. Para este caso se utilizará la plataforma de concepto lineal debido a que tenga que cumplir las siguientes características de seguridad operacional, eficacia, configuración geométrica y flexibilidad.

Las condiciones generales para el diseño de la plataforma dependen de los factores siguientes:

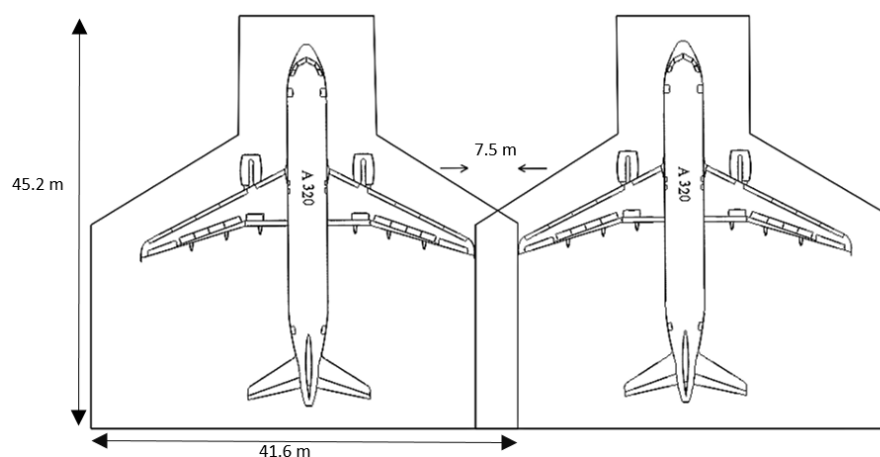
- ✓ La dimensión y las características relativas a las maniobras de la aeronave que utilice la plataforma.
- ✓ El volumen de tráfico que utilice la plataforma.
- ✓ Requisitos en cuanto a distancias libres.
- ✓ Modalidad de entrada y salida del puesto de estacionamiento de aeronaves.
- ✓ Trazado básico de terminal u otra utilización del aeropuerto.
- ✓ Requisitos con respecto a las actividades de las aeronaves en tierra.
- ✓ Calles de rodaje y vías de servicio.

De manera preliminar se estima considerar las dimensiones que tienen las aeronaves tanto de la longitud del fuselaje como la envergadura que servirá para determinar el área total de la plataforma que se requiere para el aeropuerto teniendo como información los radios de giro, las distancias entre aeronaves, servicio maniobras, etc. Según la lista de clave se identifica en la siguiente Tabla la distancia libre y la separación mínima de distancia entre aeronaves.

Tabla 17: Distancia libre entre aeronaves [38]

Letra de clave	Distancia libre [m]
A	3.0
B	3.0
C	4.5
D	7.5
E	7.5
F	7.5

Figura 33: Dimensionamiento mínimo entre aeronaves Airbus 320



- Longitud: 37,57 m $Y = 37.7 + 7.5 = 45.2 \text{ m}$
- Envergadura: 34,1 m $X = 34.1 + 7.5 = 41.6 \text{ m}$

Lo que garantiza que en el área de movimiento se tenga una separación mínima que limita en conexión con la calle de rodaje dentro del estacionamiento y la distancia a la calle de rodaje viene a dado por la siguiente Tabla.

Tabla 18: Separación mínima en las calles de rodajes y la plataforma [38]

letra de clave	Entre el eje de una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto [m]	Entre el eje de una calle de rodaje en la plataforma y un objeto [m]
A	12	16.25
B	16.5	21.5
C	24.5	26.0
D	36	40.5
E	42.5	47.5
F	50.5	57.5

De la Tabla 18 lo que respecta a la clasificación de los aviones que operaran en el aeropuerto se tiene la letra de clave D de 36.0 m entre el eje de una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto y 40.5 m entre el eje de una calle de rodaje en la plataforma y un objeto.

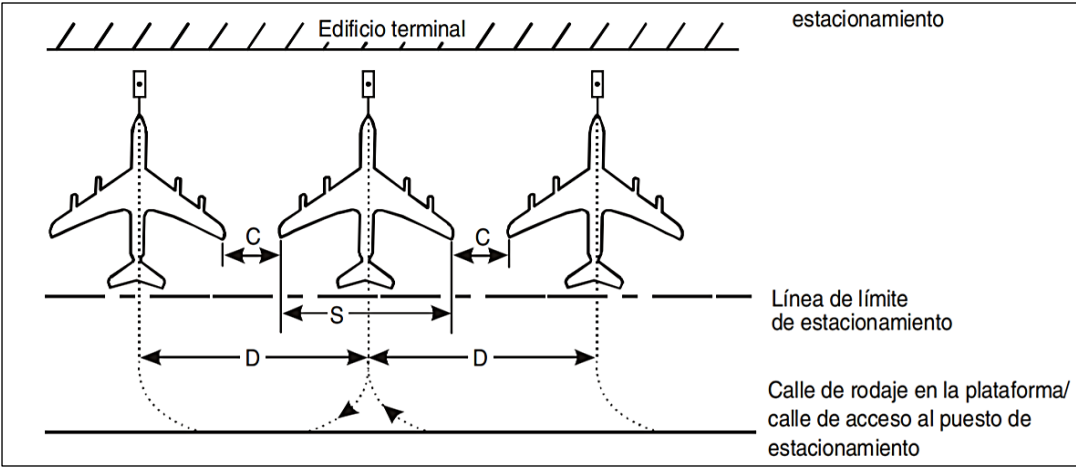
Ya teniendo como datos la información de radio de viraje del A320, lo próximo es que se identifique qué tipos de aeronaves que conformarán para la configuración de las aeronaves en la plataforma para su estacionamiento.

Tabla 19: Dimensiones de aeronaves y giro [38]

Tipo de aeronave	Longitud (m)	Envergadura (m)	Ángulo de la Rueda de Proa	Radio de Viraje (m)
A300B-B2	46,70	44,80	50°	38,80 ^a
A320-200	37,57	33,91	70°	21,91 ^c
A330/A-340-200	59,42	60,30	65°	45,00 ^a
A330/A340-300	63,69	60,30	65°	45,60 ^a
B727-200	46,68	32,92	75°	25,00 ^c
B737-200	30,58	28,35	70°	18,70 ^a
B737-400	36,40	28,89	70°	21,50 ^c
B737-900	41,91	34,32	70°	24,70 ^c
B747	70,40	59,64	60°	50,90 ^a
B747-400	70,67	64,90	60°	53,10 ^a
B757-200	47,32	37,95	60°	30,00 ^a
B767-200	48,51	47,63	60°	36,00 ^a
B767-400 ER	51,92	61,37	60°	42,06 ^a
B777-200	63,73	60,93	64°	44,20 ^a
B777-300	73,86	73,08	64°	46,80 ^a

Mostrada la Tabla 19 se muestra en relación a la Tabla 9 definiendo así el ángulo de la rueda de proa y el radio de viraje para el rodaje dentro de la plataforma.

Figura 34: Conexión de aeronaves con el edificio terminal [38]



La entrada y salida de aeronaves por la calle de rodaje al área de estacionamiento resulta ser más conveniente en una configuración al edificio pues permite una mejor maniobrabilidad para el estacionamiento y salida rápida de la aeronave con la ayuda de un remolque. Por lo tanto, para la capacidad de la plataforma [22]:

$$S = \sum_{i=0}^n \left(\frac{T_i}{60} * N_i \right) + \alpha \tag{13}$$

- S: Número requerido de plataformas por aeronave.
- T_i: Tiempo de ocupación del puesto de embarque en min de grupo de aeronaves.
- N_i: Número de aeronaves que llegan, grupo I durante la hora punta.
- α: Número de plataforma extra en reserva.

Tabla 20: Tiempos medios de ocupación en (min) de aeronaves [39]

Avión	Vuelo Terminal	Tránsito Nacional	Tránsito Internacional
B-747	90	60	120 - 180
A-300	45 - 60	60	120
DC-10	45 - 60	60	120
MD-11	45 - 60	60	120
B-757	45	50	60
B-737	25	45	60
A-320	25	45	60
B-777	25	45	60

En la Tabla 20 se observan los tiempos medios de ocupación para los diferentes tipos de aeronaves. Como el número de puestos determina el tamaño de la plataforma y con frecuencia también la configuración de la terminal este aspecto resulta uno de los más importantes que debe estimarse a corto, medio y largo plazo preparando un plan de ampliación ordenado y una adecuada planificación.

Se debe considerar que para las aeronaves hora punta AHP el 89.5% corresponderá para aeronaves tipo C y 10.5% para aeronaves tipo A, B y D. De la Tabla de tiempos medios de ocupación de los puestos de estacionamientos para las aeronaves de transporte se puede determinar lo siguiente:

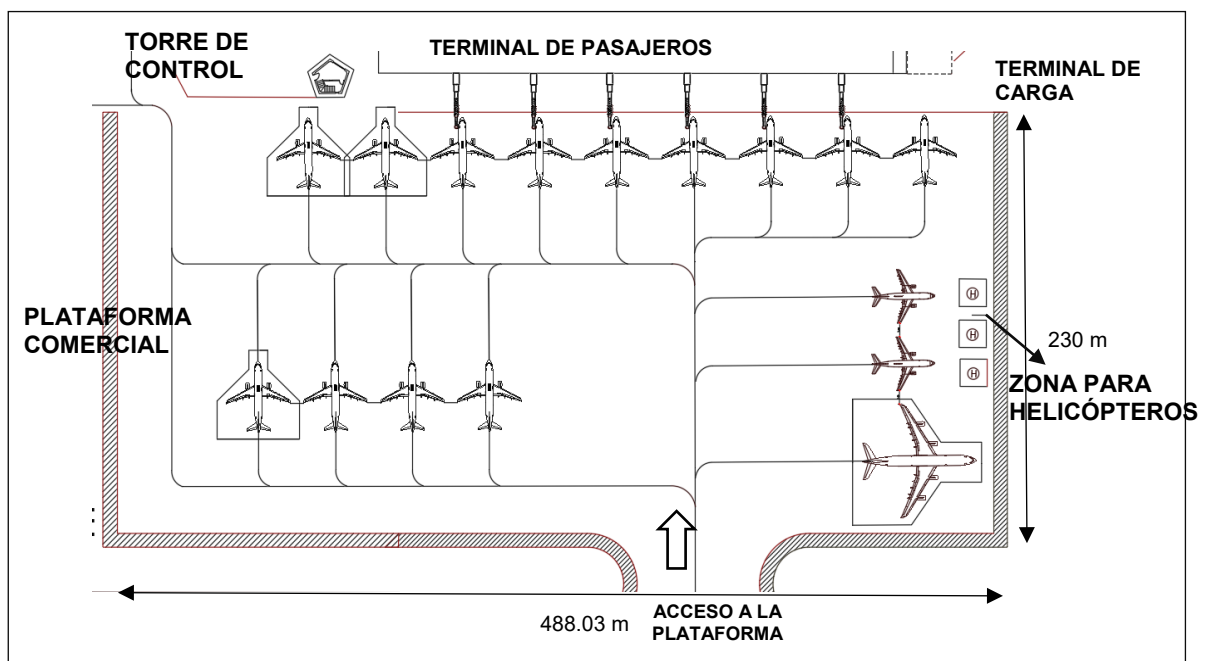
$$S = \left(\frac{T}{60} * N_i \right) + a$$

$$S = \left(\frac{20}{hora} * 0.75 \text{ clase C} + \frac{1}{hora} * 1.5 \text{ clase D} \right) + 0$$

$$S = 16 \text{ puestos de estacionamiento}$$

Ahora para 16 puestos de estacionamientos, se concluye con la siguiente Figura.

Figura 35: Configuración de aeronaves en la plataforma

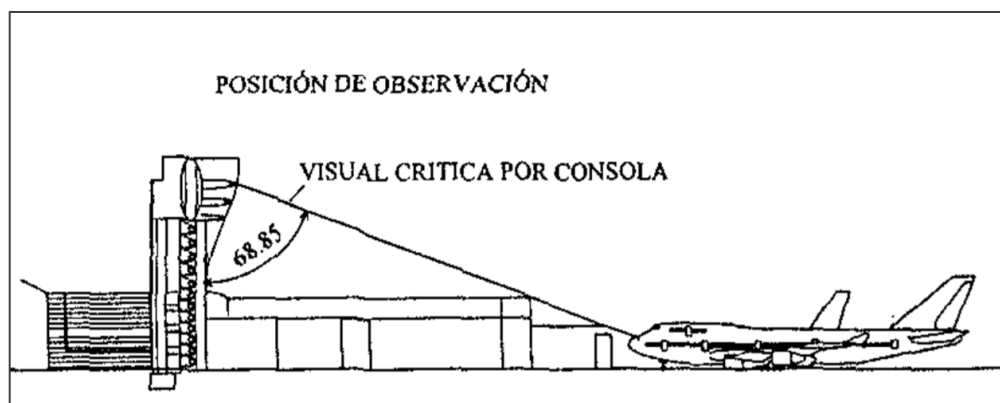


- De la Figura 35 se hace algunas aproximaciones para las dimensiones de la plataforma que será de 488.03 x 230 m, considerando 8 aeronaves al inicio y 20 en proyección.
- Se busca la configuración de enlace del lado aire con lado tierra para su operación de servicio y abastecimiento dentro de la plataforma como el rodaje y su estacionamiento para aeronaves tipo C y D respectivamente.
- Las instalaciones de apoyo se relacionan de tal forma logrando dar un servicio bajo la configuración presentada.
- Para la aviación general se habilitará una zona de estacionamiento para 10 aeronaves con la facilidad de ampliación para 20 aeronaves según se requiera.

4.3.4 **Torre de Control.**

La torre de control será ubicada a criterio en una zona cercana entre el terminal de pasajeros y el hangar de mantenimiento para un buen manejo del control del tráfico aéreo desde la gran altura que tendrá considerando la visual crítica de 68.85° para la visualización de las aeronaves tal como se muestra en la Figura 36 y también para la visualización libre de obstáculos hasta los extremos de la pista.

Figura 36: Torre de control con visión crítica por consola [39]

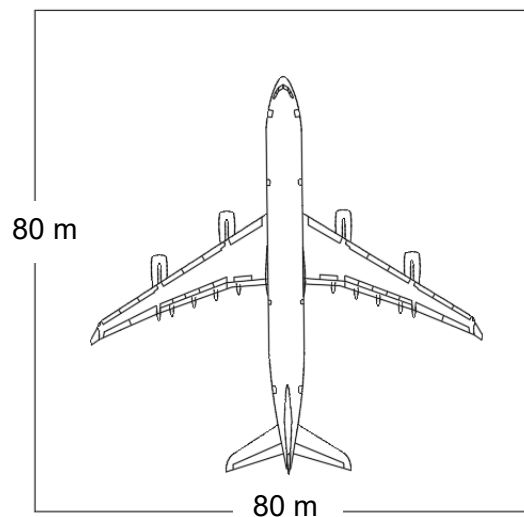


4.4 Diseño de instalaciones de apoyo

4.4.1 Hangares

Las dimensiones del hangar tienen que ser en base a las dimensiones de la proyección de una aeronave de clasificación D que por lo general su largo y ancho varía en 45 – 60 m aproximadamente. La función más relevante del hangar es para el uso de pruebas de los motores y mantenimiento del servicio lo cual tendrá las medidas de tamaño L y de entrada libre 80 m x 80 m. A su vez servirá de apoyo para el servicio de carga y almacén.

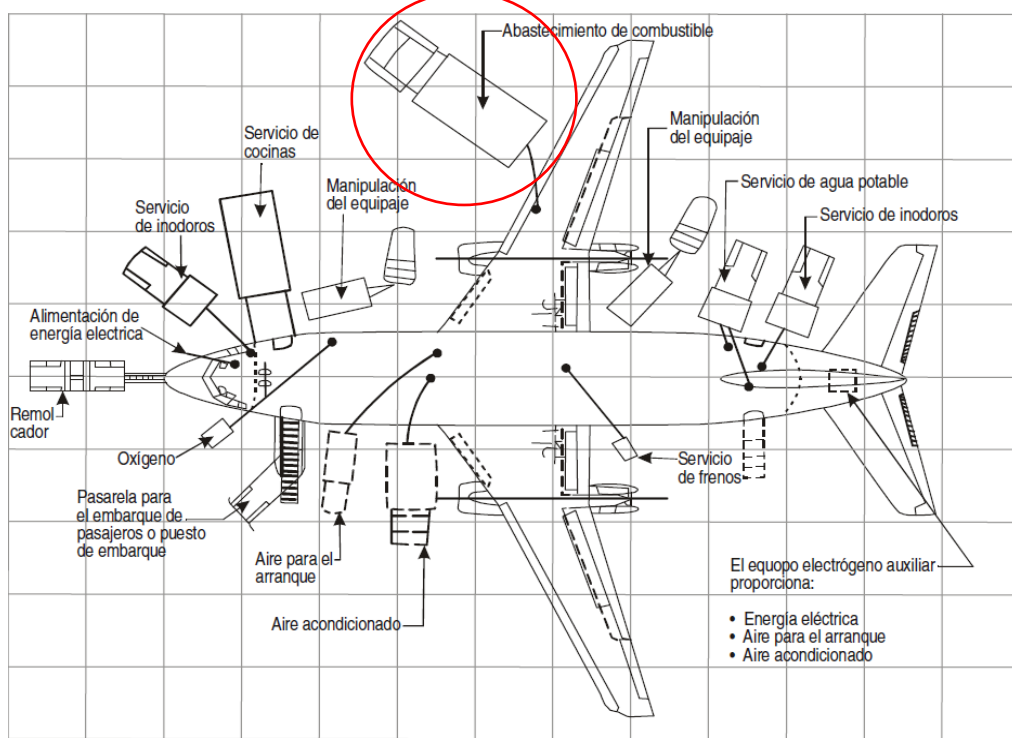
Figura 37: Dimensionamiento interno y externo a considerar para el Hangar



4.4.2 Zona de combustible

La ubicación del área destinada al abastecimiento de combustible para las aeronaves en la zona de estacionamiento será ubicada a 50 m de distancia del estacionamiento de la bodega de carga que serán cargadas del pozo a cisternas móviles y finalmente a los aviones para su abastecimiento juntamente con los demás servicios.

Figura 38: Configuración del servicio de atención en tierra [38]



4.5 Diseño del edificio

Se realizará un breve estudio considerando para ello los datos más relevantes de la demanda de pasajeros que servirá para el diseño de las áreas y módulos de servicio. Favorecerá así un flujo de pasajeros y acompañantes, personal administrativo, negocios, etc.

Una de las características más importantes al momento de calcular el área bruta del terminal aeroportuario es la cantidad de pasajeros en hora punta que en este caso se tiene como datos 2,841 pasajeros por aeronave en hora punta. Utilizando el estándar general de 10 m² por pasajero se tendría 28,410 m².

Un diseño clásico de un terminal aeroportuario donde los procedimientos de facturación, vestíbulo, seguridad y espera son como se muestra a continuación.

Figura 39: Configuración terminal de pasajeros, primer nivel [39]

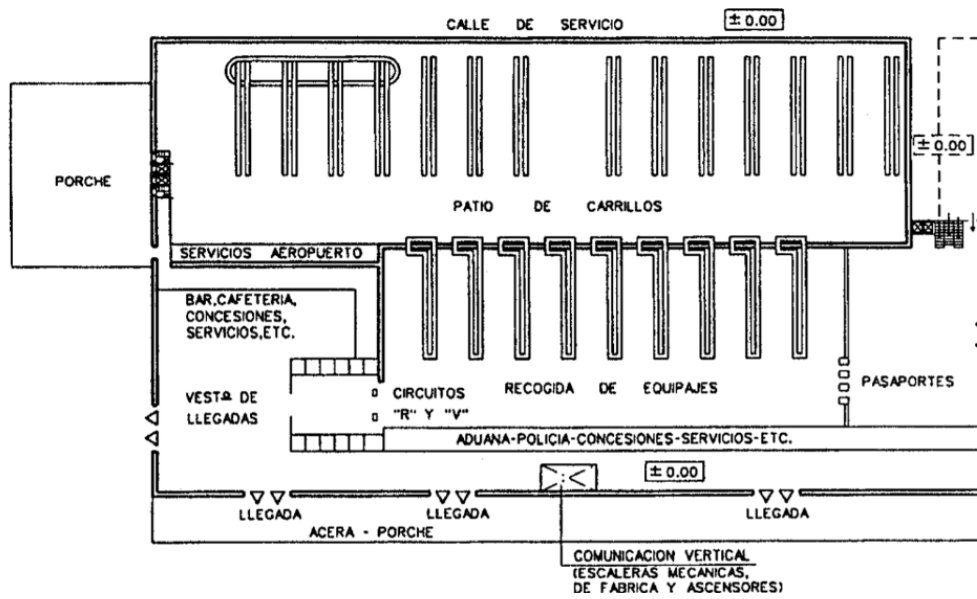
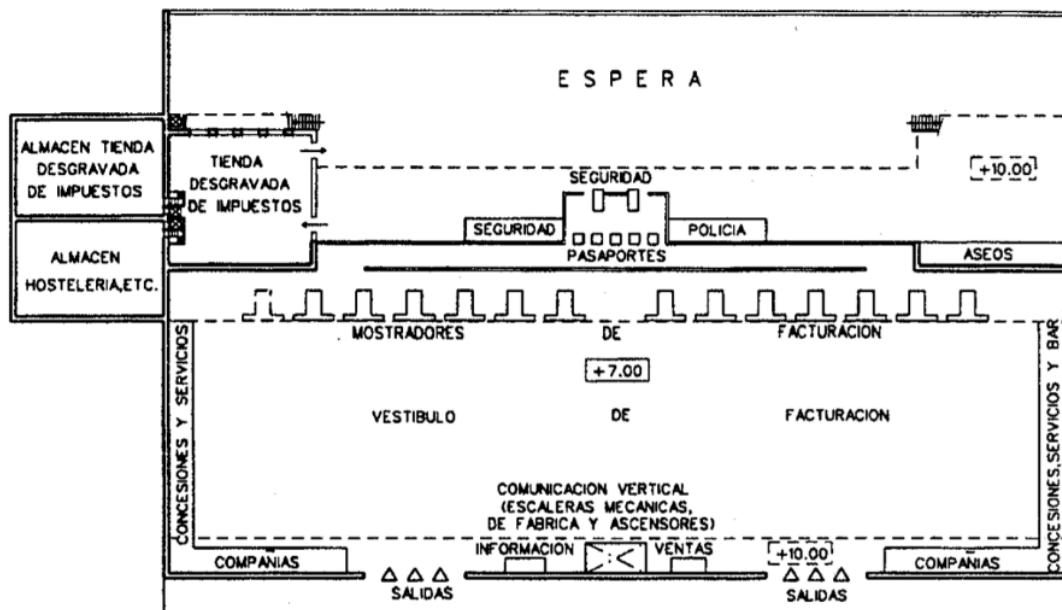


Figura 40: Configuración terminal de pasajeros, segundo nivel [39]



El criterio para la determinación de los recursos humanos considerando el flujo de pasajeros, aeronaves y las áreas respectivas.

Según el documento Airport Development Reference Manual ADRM [40] de la IATA. La disponibilidad del sistema es una importante herramienta de evaluación comparativa del sistema de manejo de equipaje para las aerolíneas en su relación contractual con el

aeropuerto. Es importante tener en cuenta que todos los componentes del sistema de manejo de equipaje probablemente fallarán una o más veces durante sus períodos operativos a menudo extensos. Es importante para aerolíneas y aeropuertos comprender y acordar los niveles permisibles de servicio que se pueden lograr y el resultado de esa confiabilidad. Se debe tener especial atención con este parámetro para tener la disponibilidad inmediata de los recursos para atender cualquier falla del sistema y mantener sus factores de redundancia y confiabilidad. El porcentaje para que el sistema sea disponible se define así:

$$\text{Disponibilidad del sistema} = \frac{\text{Tiempo medio antes de la falla} \times 100\%}{\text{Tiempo medio antes de la falla} + \text{Tiempo de inactividad medio}} = 99.9\% \quad (14)$$

Podemos indicar que la probabilidad que el sistema esté disponible para manejar al 100% de la capacidad de diseño es en cualquier instante. Durante el ciclo de trabajo operativo debe ser normalmente superior al 99%.

El tiempo máximo requerido para llevar un sistema de manejo de equipaje a pleno uso operativo no debe exceder:

- 15 min desde un estado no operativo y útil.
- 05 min desde un estado de espera.
- 60 min desde un estado de mantenimiento preventivo / programado.

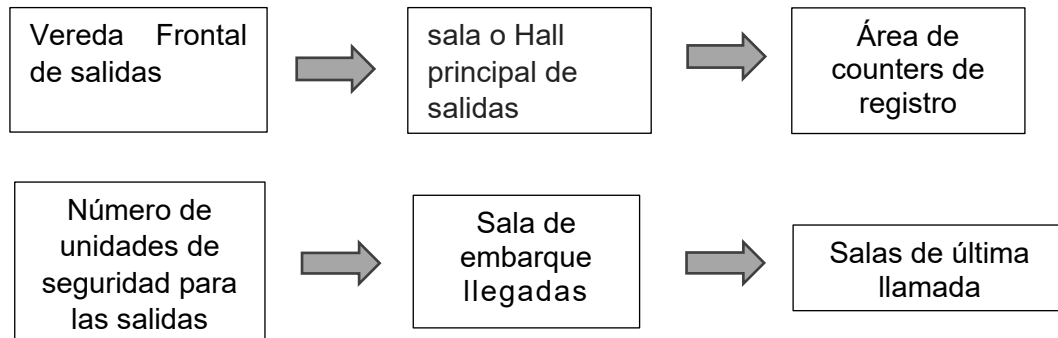
Recomendación de la IATA respecto al sistema de facturación

Siempre que sea posible los cinturones colectores dobles deben estar equipados con cinturones de 2 x 90 grados en la cola para cada extremo de los transportadores para ayudar a la disponibilidad del sistema en caso de falla de la banda colectora.

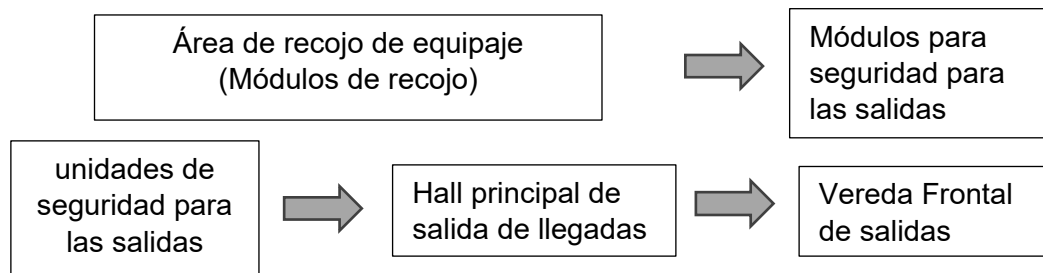
La longitud máxima recomendada de la cinta colectora de forma aislada o dentro de una serie no debe ser mayor de 15 m. El número máximo de mostradores de facturación en

una sola línea que alimentan un solo conjunto de series de fajas colectoras deben ser de 20 m. Cuando se proporcionan 20 mostradores de facturación en una sola línea de serie deben acoplarse a no menos de 4 bandas colectoras de la serie con capacidad de redundancia inversa.

A continuación se muestra el flujo de circulación de pasajeros que salen:



Circulación de pasajeros que llegan:



Vereda frontal de salidas

Es el área de ingreso al edificio terminal donde los pasajeros llegan con autos o buses. La longitud de esta vereda deberá de estar relacionado de acuerdo a los pasajeros hora punta, longitud de ocupación de la acera por vehículo donde el parámetro de la vereda viene dado por la siguiente fórmula:

$$L = \frac{(d)(p)(l)(t)}{60n} \quad (15)$$

Donde:

L: Acera (m)

n: Cantidad media de pasajeros por vehículo (2 personas).

t: Promedio de tiempo que ocupa un auto/taxi (1.5 min).

l: Longitud de ocupación de la acera por vehículo (6.5 m).

d: % de personas que prefieren el uso de vehículos (60%).

p: PHP que salen.

$$L = 2,841 \times 0.6 \times 6.5 \times \frac{1.5}{2 \times 60} ; \quad L = 138 \text{ m}$$

Aquí, según la longitud de 138 m se va considerar 04 puertas donde se contará 02 para cada puerta y 02 personales de seguridad y apoyo que harán rutina a lo largo de la vereda de salida teniendo así 10 personales de seguridad, 02 personales de limpieza y 01 supervisor.

Sala o Hall principal de salidas

Es el área de gran espacio donde los pasajeros que salen se dirigen a la búsqueda del counter para realizar el registro de su vuelo correspondiente.

$$A = (s) \times (y) \times \frac{3(a(1 + o) + b)}{60 \times 2} \quad (16)$$

Donde:

A: Área de la sala total.

a: PHP que salen.

b: Cantidad de pasajeros sin registro = 0.

s: Tiempo de permanencia en las instalaciones en el área.

y: Promedio de ocupación por persona (1.5 m²).

o: Cantidad de visitantes/ pasajeros

$$A = 1.5 \times 20 \times 3 \times \frac{2,841(1 + 1) + 0}{60 \times 20}$$

$$A = 2,130.75 \text{ m}^2$$

El personal que dará servicio en esta sala, estará compuesto por 02 personales de limpieza y 01 supervisor.

Área de registro (counters)

Es donde los pasajeros realizan colas para el registro y entrega de equipajes en la aerolínea de servicio. La fórmula para determinar el área está dada de la siguiente manera:

$$A = s \times \frac{20}{60} \times \left(\left(3 \times \frac{a+b}{2} \right) - (a+b) \right) \quad (17)$$

Donde:

A: Área requerida.

s: Promedio de ocupación por persona (1.5 m²)

b: Cantidad de pasajeros sin registro = 0

a: PHP que salen.

$$A = 1.5 \times 20 \times (3 * (2,841/2) - 2,841)$$

$$A = 473.5 \text{ m}^2$$

Para el área de los counters se recomienda durante el registro y traslado que hace la aerolínea al pasajero el personal del aeropuerto verifique que se esté cumpliendo el trabajo y el adecuado funcionamiento de las bandas transportadoras. Se considera que se tenga 02 personales de limpieza, 02 personal de mantenimiento y 02 supervisores.

Seguridad, módulos – salidas

Para ingresar a la sala embarque se debe entrar por módulos donde consta de equipos de rayos X y verificación visual. Se realiza el cálculo en relación al parámetro pasajeros hora punta, promedio de equipajes de mano por pasajero, capacidad de los equipos de rayos X por hora, entre otros.

$$N = \frac{(a + b)w}{y} \quad (18)$$

Donde:

N: Módulos de seguridad.

y: Potencia de las máquinas de rayos x para los equipajes transportadas a mano (600 equipajes por hora).

w: Equipajes de pasajeros transportadas a mano (2 unidades).

b: Número de pasajeros en transferencia no registrados.

a: PHP que salen. 0

$$N = (2,841+0) \times 2 \div 600$$

N: 09 unidades, al inicio se contará con 05 unidades.

Para 05 módulos para el inicio se recomienda tener 01 personal de limpieza, 02 personales de seguridad para cada módulo y sumado a ello 01 supervisor teniendo en total a 12 personas.

Área de embarque

Es el área donde se realiza la espera de los pasajeros con las facilidades requeridas para el abordaje a la aeronave de la aerolínea correspondiente.

$$A = s \left(\frac{cui}{60} + \frac{cvk}{60} \right) \quad (19)$$

Donde:

A: Área requerida.

u: Tiempo de permanencia de pasajeros que abordan aeronaves grandes (5/6h).

v: Tiempo de permanencia de pasajeros que abordan aeronaves pequeñas (1/2 h).

l: Razón de pasajeros en grandes aeronaves.

k: Razón de pasajeros para pequeñas aeronaves.

s: Promedio del área/ persona (2.0 m²).

c: PHP que salen.

$$A = 2 \times (2,841 \times 50 \times \frac{0.85}{60} + 2,841 \times 30 \times \frac{0.15}{60})$$

$$A = 2(2012.375 + 213.075)$$

$$A = 4,450.9 \text{ m}^2$$

Debido a la gran área que se tiene se estima considerar que para el buen funcionamiento de la terminal de pasajeros 04 personas para la limpieza, 04 personales de seguridad, 02 personas para el mantenimiento y 02 supervisores.

Área de último llamado.

Es el área donde se realiza los llamados mediante altavoces en toda el área del edificio terminal.

$$A = ms \quad (20)$$

Donde:

A: Área requerida.

m: Cantidad de asientos de la aeronave de mayor tamaño del servicio, del área de embarque.

s: Promedio del área/persona (1.00 m²)

$$A = 184,1 \text{ m}^2$$

El área está conectada con la sala de embarque, por lo la cantidad de personal en esta área será 0 debido a que esta área se encuentra junto a la sala de embarque y tiene una pequeña área.

Sala de recojo de los equipajes

Es un área de gran tamaño donde se realiza el recojo de equipajes con facilidad según se requiera para los pasajeros que llegan. Su fórmula está relacionada con los pasajeros hora punta, tiempo de permanencia y el área por pasajero.

$$A = \frac{ews}{60} \quad (21)$$

Donde:

A: Área necesaria.

u: Tiempo de permanencia en el área (30 min).

e: PHP que llegan.

s: Promedio de área/pasajero (1.80 m²).

$$A = 2,841 \times 1.8 \times 30 \div 60$$

$$\mathbf{A = 2,556.9 \text{ m}^2}$$

En esta área se encuentran los módulos de las bandas transportadoras de equipaje de los pasajeros donde se recomienda tener 02 personales para la limpieza, 02 personales de seguridad, 03 facilitadores para el transporte y manejo de equipaje y 01 supervisor de área.

Módulo de recojo de equipajes de pasajeros

Es referido a las fajas transportadoras de equipaje ubicadas dentro de la sala de recojo.

$$N = \frac{eqy}{60n} \quad N = \frac{erz}{60m} \quad (22)$$

Donde:

Aeronaves grandes (fuselaje entre 60 m – 70 m)

Aeronaves chicas (fuselaje entre 30 m – 40 m)

N: Cantidad de módulos.

r: Pasajeros que llegan con aeronaves grandes.

q: Pasajeros que llegan en aeronaves pequeñas.

n: Cantidad de pasajeros de aeronaves grandes (0.8).

m: Cantidad de pasajeros de aeronaves pequeños (0.8).

y: Tiempo de permanencia para los pasajeros de aeronaves grandes.

z: Tiempo de permanencia para los pasajeros de aeronaves pequeños

e: PHP que llegan.

$$A = 2,841 \times 0.85 \times \frac{15}{60 \times 104}$$

$N \approx 3$, por lo tanto, se tendrá 02 módulos al inicio de servicio donde se tendrá por ello a 02 personal para el trabajo de mantenimiento de las bandas transportadoras de equipajes y el ambiente del área.

Sala de espera de pasajeros que llegan

Es el área de espera donde los pasajeros llegan luego del recojo de equipajes y donde los familiares amigos o personas relacionadas a ellos se encuentran esperando.

$$A = fs20 \frac{(3e - e)}{60 \times 2} \quad (23)$$

Donde:

A: Área

f: Pasajeros para que sean revisados.

s: Área por persona (1.50 m²).

e: PHP que llegan.

$$A = 1 \times 1.5 \times 20(3 \times 2,841 - 2,841)/(60 \times 2)$$

$$A = 1420.5 \text{ m}^2$$

Para esta área se tendrá un personal de seguridad y 01 de limpieza.

Módulos de seguridad para salidas

Las unidades de seguridad son las que se encuentran antes de entrar a la sala de embarque y consta de las máquinas de rayos X, personal especializado, personal policial y aduanas.

$$N = \frac{(a + b)w}{y} \quad (24)$$

Donde:

N: Cantidad de módulos de seguridad.

a: PHP que salen.

y: Potencia de las máquinas de rayos para los equipajes transportadas a mano (600 equipajes por hora).

w: Equipajes de pasajeros transportadas a mano (2 unidades).

b: Cantidad de pasajeros sin registro = 0

$N = (2,841 + 0) \times 2 \div 600 \approx 9$; lo que al inicio se contará con 03 módulos de seguridad.

Se tendrá en esta área 03 personales de seguridad.

Hall principal de salida del aeropuerto:

Es referido al espacio donde las personas esperan a los pasajeros que llegan para su salida del edificio terminal.

$$A = s \left(\frac{w(d + b)}{60} + \frac{zdo}{60} \right) \quad (25)$$

Donde:

A: Área.

d: PHP que llegan.

z: Promedio de estadía por visitante (30 min).

o: Cantidad de visitantes/pasajeros (0.7 personas).

b: Cantidad de pasajeros en transbordo que no han sido registrados.

w: Tiempo de permanencia en el área (15 min).

s: Área por persona (1.50 m²).

$$A = 1.5 \times (15(2,841 + 0) \div 60 + 2,841 \times 0.7 \div 60)$$

$$1.5 \times 710.25 + 331.45$$

$$\mathbf{A = 1562.55 \text{ m}^2}$$

02 personales de seguridad, 02 personales de limpieza y 01 supervisor, el mismo que tendrá que supervisar la vereda de salida para los pasajeros.

Vereda de salida para los pasajeros

Es el espacio de la salida de la terminal donde se realiza el abordaje a taxis y/o vehículos particulares.

$$L = \frac{(d)(p)(l)(t)}{60n} \quad (26)$$

Donde:

d: PHP

l: Longitud de ocupación de la acera por vehículo (6.5 m)

t: Promedio de tiempo que ocupa un auto/taxi (1.5 min)

n: Promedio de pasajeros por auto/taxi (2 pasajeros)

p: % de personas que prefieren el uso de vehículos (0.6)

$$L = 2,841 \times 0.6 \times 6.5 \times \frac{1.5}{2 \times 60} ; L = 138 m$$

Se contará con 2 puertas para la salida de los pasajeros que llegan del edificio terminal.

Aquí se tendrá 04 personas de seguridad, 02 en cada puerta.

Para el ingreso al aeropuerto se tendrá 04 personales de seguridad y 01 de limpieza. Lo que respecta al personal de lado aire se contará con 01 supervisor para la plataforma y 02 de seguridad, 01 personal seguridad y 01 supervisor en el trayecto de la calle de rodaje.

Realizando un resumen de los recursos humanos que atenderán en el edificio terminal:

Tabla 21: Resumen de áreas y módulos del edificio terminal

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNID.
Vereda Frontal de salidas	138.0	m
Sala o Hall principal de salidas	2,130.7	m ²
Área de counters de registro	473.5	m ²
Número de unidades de seguridad para las salidas	9 unidades, al inicio se contará con 4 unidades	u.
Sala de embarque	4,450.9	m ²
Salas de última llamada	184,1	m ²
Área de recojo de equipaje	2,556.9	m ²
Número de módulos para recojo de equipaje	3; 2 módulos al inicio de servicio.	u.
Área de espera para los pasajeros que llegan	1,420.5	m ²
Número de unidades de seguridad para las salidas:	9; lo que al inicio se contara con 5 módulos de seguridad	u
Hall o Sala principal de llegadas	1,562.55	m ²
Vereda Frontal de salidas	138.0	m

A continuación se muestra la Figura 41 que indica como ocurre la circulación desde el punto de llegada o salida del pasajero en relación al edificio terminal. Se indica también la distribución de las áreas donde se considera tener 02 niveles haciendo un recorrido fácil para el usuario.

Figura 41: Configuración geométrica del edificio terminal nivel 1

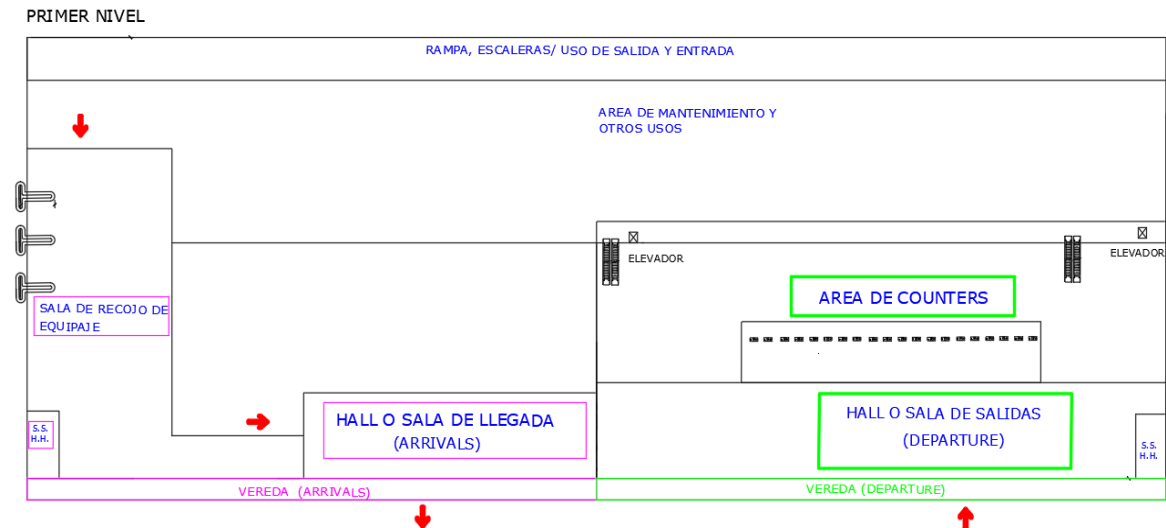
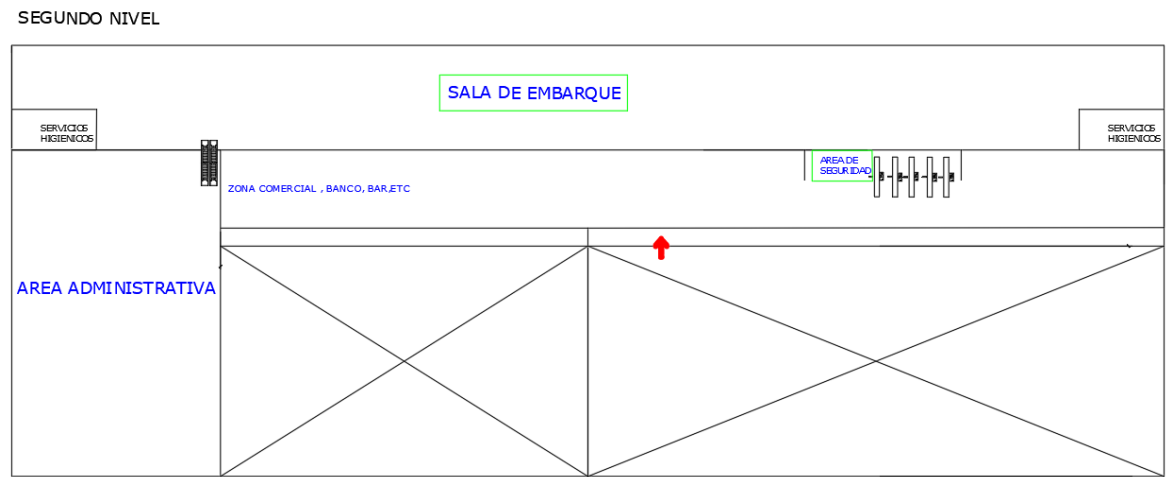


Figura 42: Configuración geométrica del edificio terminal nivel 2



Ahora, respecto al personal que brinda el aeropuerto para el servicio viene dada por la Tabla 22.

Tabla 22: Resumen personal de servicio

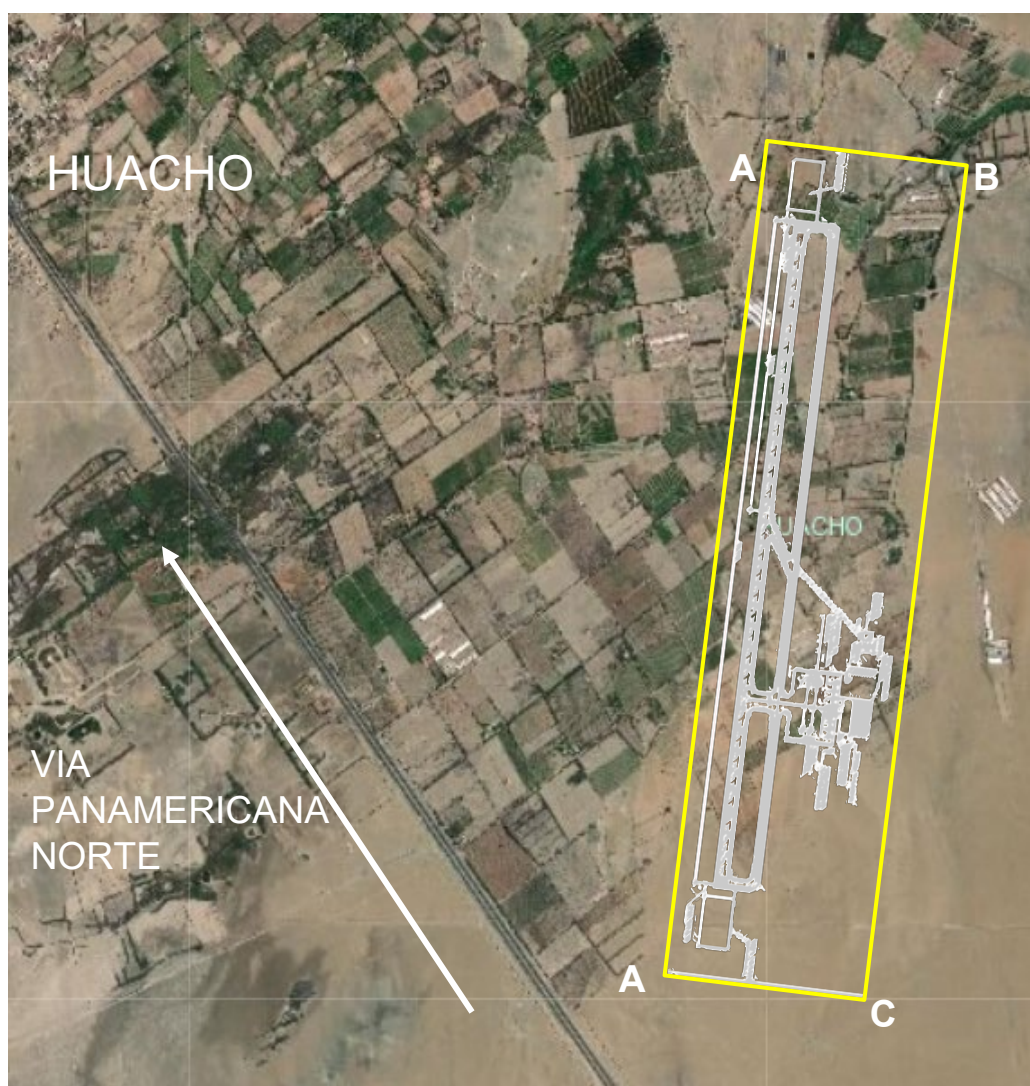
INFRAESTRUCTURA REQUERIDA	DESCRIPCIÓN	CANT. PERS.	TIPO DE PERSONAL
ENTRADA Y SALIDA	Ingreso al aeropuerto	04 personas	04 seguridad
E D I F I C I O T E R M I N A L	Vereda Frontal para salidas:	13 personas	10 seguridad 02 limpieza 01 supervisor
	Sala o Hall principal de salidas.	03 personas	02 limpieza 01 supervisor
	Área de counters de registro:	06 personas	02 mantenimiento 02 limpieza 02 supervisores
	Número de unidades de seguridad	12 personas	10 seguridad 01 limpieza 01 supervisor
	Sala de embarque:	10 personas	04 seguridad 04 limpieza 02 supervisores
	Área de recojo de equipaje:	08 personas	02 limpieza 02 seguridad 03 facilitadores 01 supervisor
	Número de unidades de seguridad para las salidas:	03 personas	03 seguridad
	Hall o Sala principal de llegadas:	05 personas	02 seguridad 02 limpieza 01 supervisor
	Vereda Frontal para salidas de la terminal de pasajeros:	05 personas	04 seguridad 01 limpieza
	Plataforma	02 personas	02 supervisor

AREA DE MOVIMIENTO	Calle de rodaje	02 personas	02 supervisor
	TOTAL	73 personas	

Los datos obtenidos de la Tabla 22 fue calculada en relación a la Tabla 21 y las recomendaciones de la IATA debiendo abastecer a la demanda al inicio de la apertura del servicio para el año 2022. También se analiza el personal administrativo cuando se logra visitar aeropuertos nacionales, logra dar un buen servicio con una demanda parecida al aeropuerto de Huacho.

Se muestra la Figura 43, donde se visualiza la proyección del aeropuerto de Huacho de coordenadas A, B, C y D.

Figura 43: Proyección del aeropuerto de Huacho



De la Figura 43 se describe territorialmente las siguientes características obtenida por Software Google Earth con perímetro de: 8,295.39 m, área de 2,883,619.03 m² a una elevación de 75 msnm y Coordenadas de los vértices:

A: Zona 18L Coordenada Este 222312.00 m E, Coordenada Norte 8761732.00 m S.

B: Zona 18L Coordenada Este 223146.00 m E, Coordenada Norte 8761526.00 m S.

C: Zona 18L Coordenada Este 221781.53 m E, Coordenada Norte 8758449.09 m S.

D: Zona 18L Coordenada Este 222900.09 m E, Coordenada Norte 8758169.92 m S.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En esta parte del estudio se ha podido concluir en base a los 4 objetivos planteados.

De manera correlativa estas son:

- **1er objetivo específico: Determinar los parámetros técnicos de un aeropuerto y las condiciones mínimas en el distrito de Huacho, Provincia de Huaura – Región Lima. Conclusión:**

Se indican los parámetros del aeropuerto de Huacho, en base del Doc. 9157 de la OACI:

Demanda en el horizonte inicial y de desarrollo.

	PASAJEROS ANUALES	AERONAVES ANUALES	PHP	PHD	AHP	AHD
HORIZONTE INICIAL	500,000	7,898	1,137	909	10	8
HORIZONTE DE DESARROLLO	2,000,000	17,770	2,841	2,272	25	20

Pista: 3,200 m de longitud.

Calle de rodaje: Salida rápida a 1,400 m del inicio del extremo de la pista.

Plataforma: De 488.03 m x 230 m, con 16 puestos de estacionamiento.

Se determinaron las condiciones mínimas en el distrito de Huacho resultando el sitio más adecuado entre 8 a 10 min en auto ubicado cerca de la vía Panamericana Norte

antes de llegar al distrito en dirección de Lima al norte. El sitio cumple con las condiciones de topografía, accesibilidad, impacto regional, arqueología y clima, teniendo como ubicación del sitio: 18 L, 221564.69 m E; 8760532.89 m S en coordenadas (UTM).

➤ **2do objetivo específico: Calcular los flujos de recursos humanos y medios aéreos para las operaciones y planificación del aeropuerto en el distrito de Huacho, Provincia de Huaura – Región Lima. Conclusión:**

Se ha realizado el estudio de los recursos humanos y medios aéreos según la recomendación de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) [40] contando con 73 personal de trabajo para el inicio de la apertura del servicio aeroportuario. La demanda de pasajeros del cual se obtiene la cantidad de pasajeros de 1,137 en hora punta para aeronaves entre 8 - 10 y en el inicio y para el horizonte de desarrollo, 2,841 pasajeros hora punta para un flujo normal de aeronaves de 20 - 25 unidades aéreas, considerándose 16 puestos de estacionamiento para aeronaves comerciales y 10 aeronaves para la aviación general siendo esta superficie flexible para modificaciones o ampliaciones con la terminal de pasajeros.

Resumen personal de servicio

INFRAESTRUCTURA REQUERIDA	DESCRIPCIÓN	CANT. PERS.	TIPO DE PERSONAL
ENTRADA Y SALIDA	Ingreso al aeropuerto	04 personas	04 seguridad
E D I F I	Vereda Frontal para salidas:	13 personas	10 seguridad 02 limpieza 01 supervisor
	Sala o Hall principal de salidas.	03 personas	02 limpieza 01 supervisor

C I O T E R M I N A L	Área de counters de registro:	06 personas	02 mantenimiento 02 limpieza 02 supervisores
	Número de unidades de seguridad	12 personas	10 seguridad 01 limpieza 01 supervisor
	Sala de embarque:	10 personas	04 seguridad 04 limpieza 02 supervisores
	Área de recojo de equipaje:	08 personas	02 limpieza 02 seguridad 03 facilitadores 01 supervisor
	Número de unidades de seguridad para las salidas:	03 personas	03 seguridad
	Hall o Sala principal de llegadas:	05 personas	02 seguridad 02 limpieza 01 supervisor
	Vereda Frontal para salidas de la terminal de pasajeros:	05 personas	04 seguridad 01 limpieza
AREA DE MOVIMIENTO	Plataforma	02 personas	02 supervisores
	Calle de rodaje	02 personas	02 supervisores
	TOTAL		73 personas

➤ **3er objetivo específico: Establecer las superficies requeridas para un aeropuerto en el distrito de Huacho, provincia de Huaura – Región Lima. Conclusión:**

Se concluye en base a la normativa de la OACI que las superficies requeridas para los elementos aeroportuarios y su configuración geométrica tal como se muestra en la Figura 43, según las condiciones mínimas establecidas. Se obtiene aproximadamente

8,295.39 m de perímetro, un área de 2,883,619.03 m² y a una elevación de 75 msnm.

Los vértices son del terreno son:

A: Zona 18L Coordenada Este 222312.00 m E, Coordenada Norte 8761732.00 m S.

B: Zona 18L Coordenada Este 223146.00 m E, Coordenada Norte 8761526.00 m S.

C: Zona 18L Coordenada Este 221781.53 m E, Coordenada Norte 8758449.09 m S.

D: Zona 18L Coordenada Este 222900.09 m E, Coordenada Norte 8758169.92 m S.

Siendo favorable para la implementación donde no existe obstáculos para el desarrollo de su operación en aterrizajes y despegues según la orientación de la pista.

➤ **4to objetivo específico: Elaborar los planos de infraestructura de un aeropuerto en el distrito de Huacho, provincia de Huaura – Región Lima. Conclusión:**

Se elaboraron los planos de los elementos aeroportuarios para el desarrollo respecto a la demanda de pasajeros y aeronaves de acuerdo a la normativa de la OACI:

- a. Plano de pista y calle de rodaje: **Anexo 1.**
- b. Plano de terminal de pasajeros y estacionamiento de vehículos: **Anexo 2.**
- c. Plano de aviación general, hangar y torre de control: **Anexo 3.**
- d. Plano de unidad de emergencia, terminal de carga y abastecimiento de combustible: **Anexo 4.**
- e. plano de la plataforma: **Anexo 5.**
- f. Plano general del aeropuerto: **Anexo 6.**

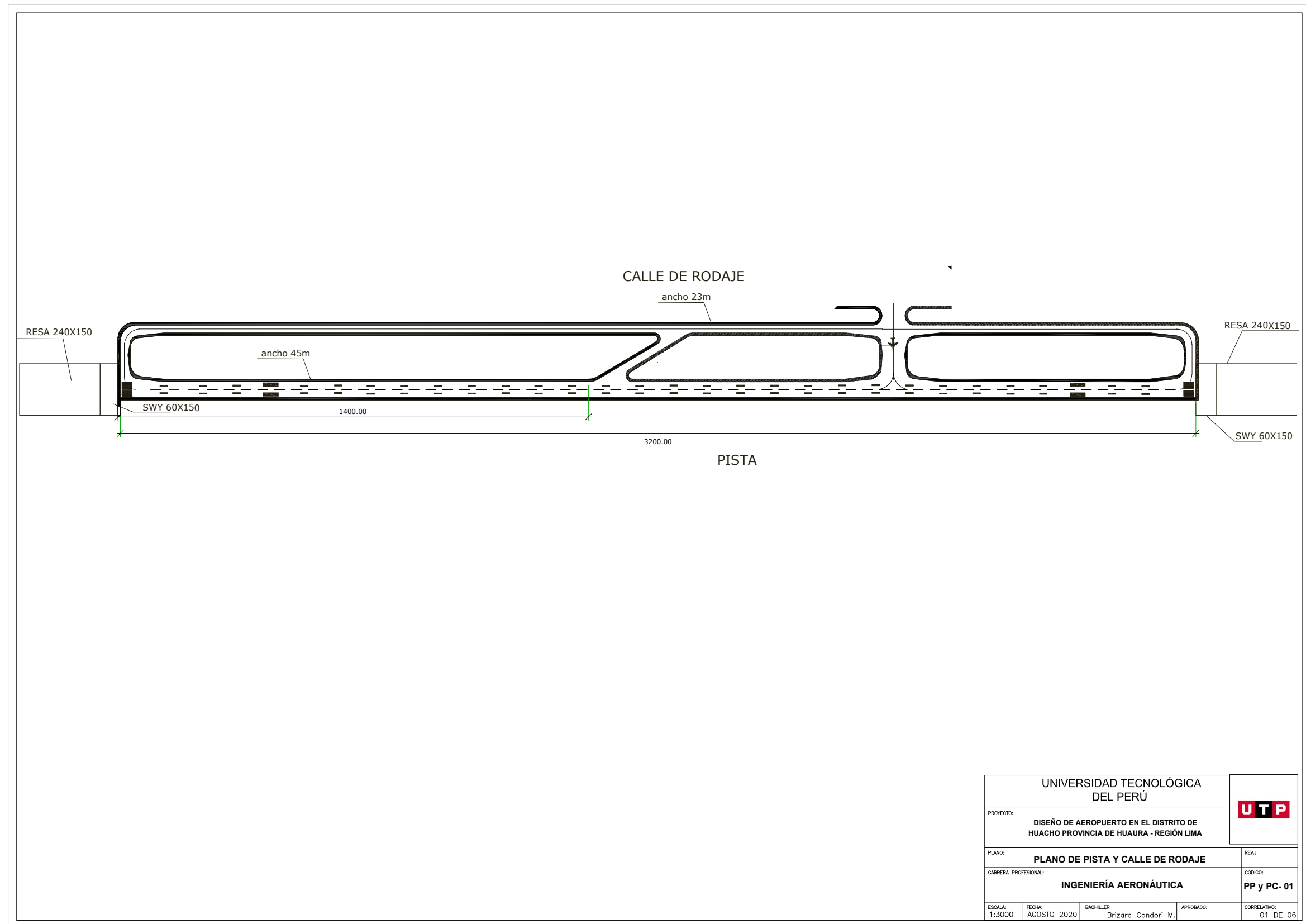
RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar estudios para el cálculo del tiempo de rodadura de aeronaves que deba tomar entre el aterrizaje y despegue, en conocimiento del tipo de clasificación de las aeronaves a analizar, buscando también en definición de optar por un acceso adicional a la plataforma.

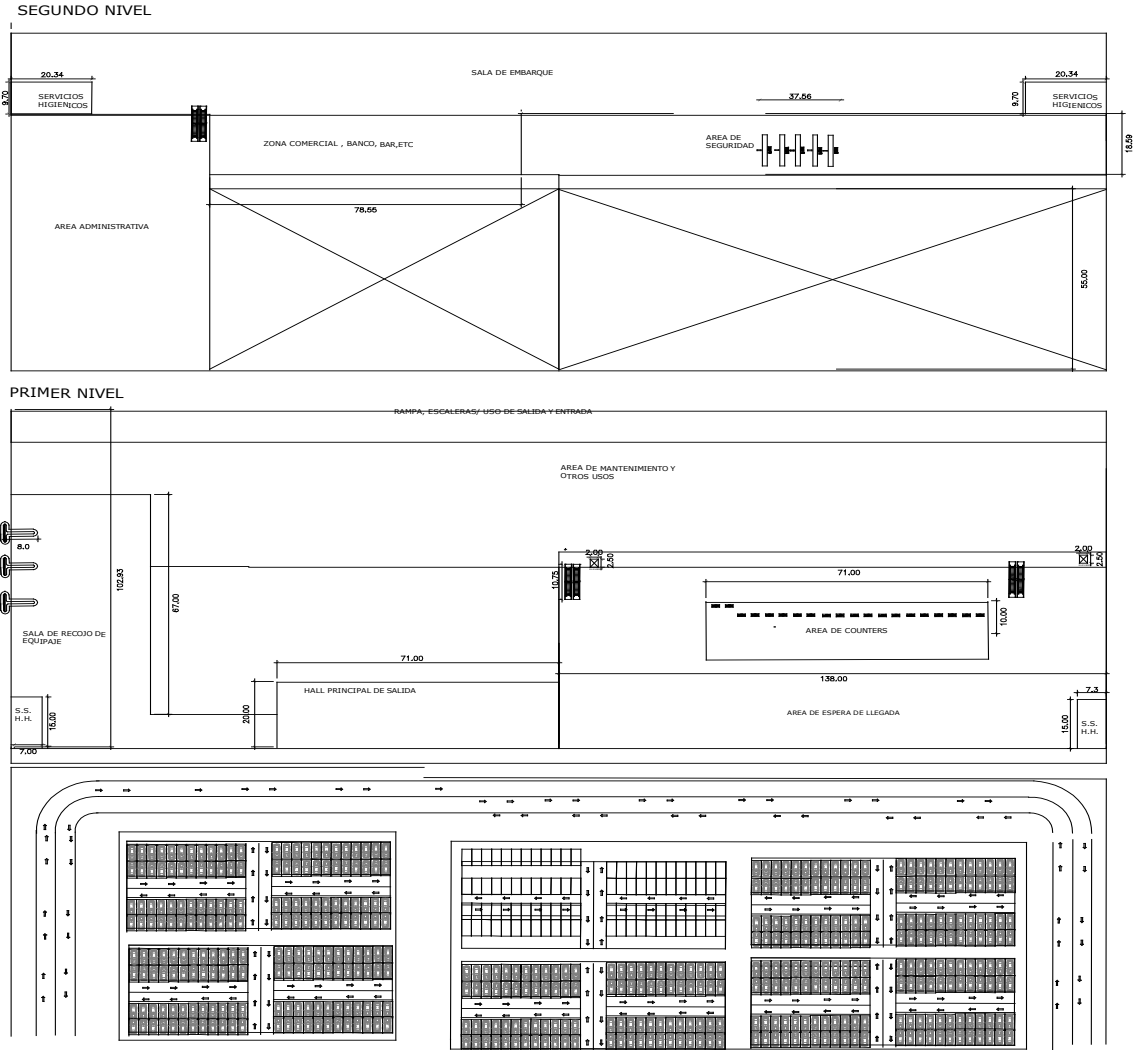
- Se recomienda realizar un análisis sobre las ubicaciones de los elementos de apoyo como la torre de control y el hangar para que estén ubicadas de modo que sea flexible el aeropuerto para 20 años.
- Se recomienda realizar un estudio de elección del sitio donde se pueda proyectar un aeropuerto con las características y variables parecidas al aeropuerto de Huacho.
- Se recomienda hacer un estudio para el pavimento de la pista.


ANEXOS

Plano de Pista y calle de rodaje

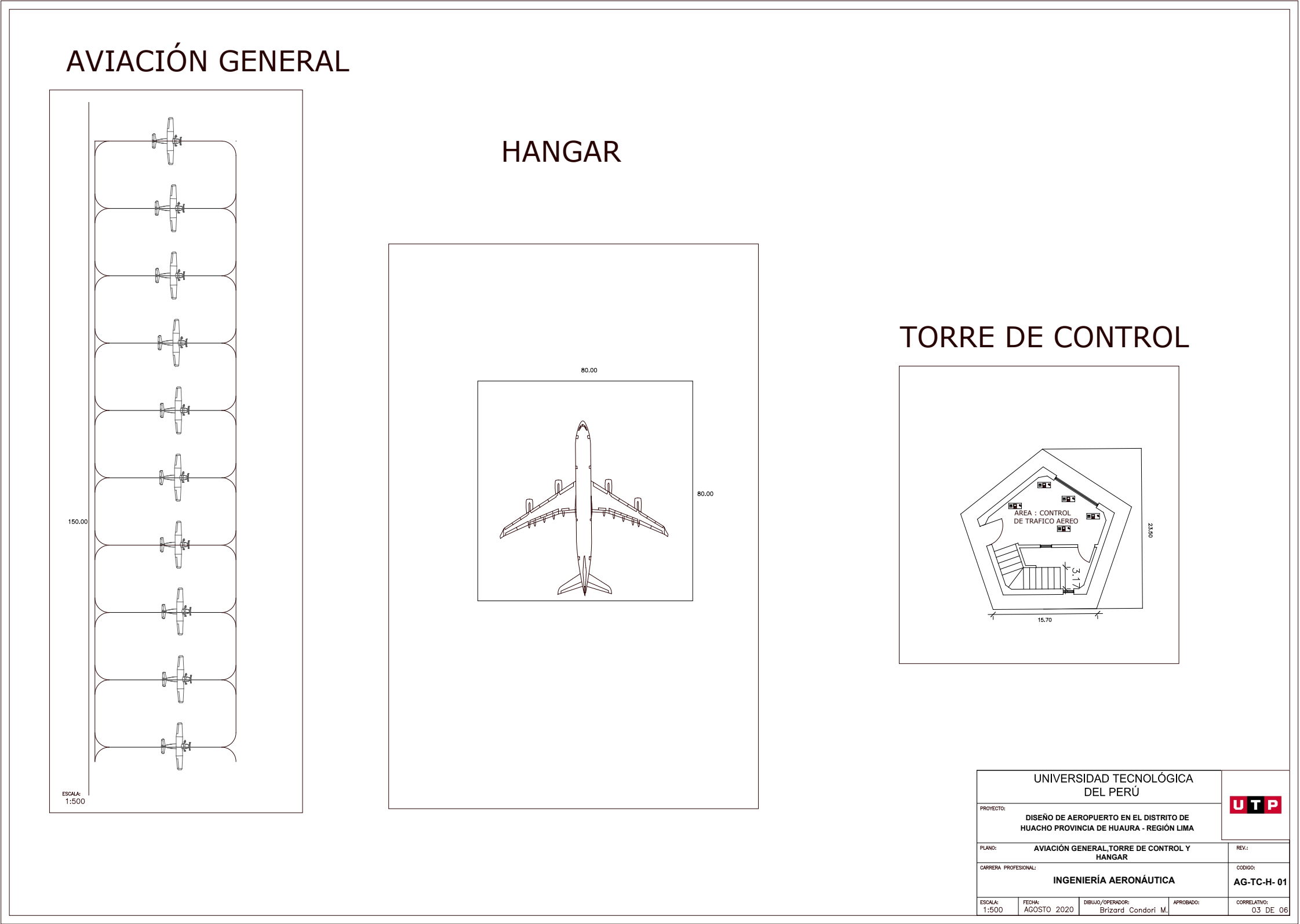


ANEXO 2
Plano de Terminal de pasajeros y estacionamiento



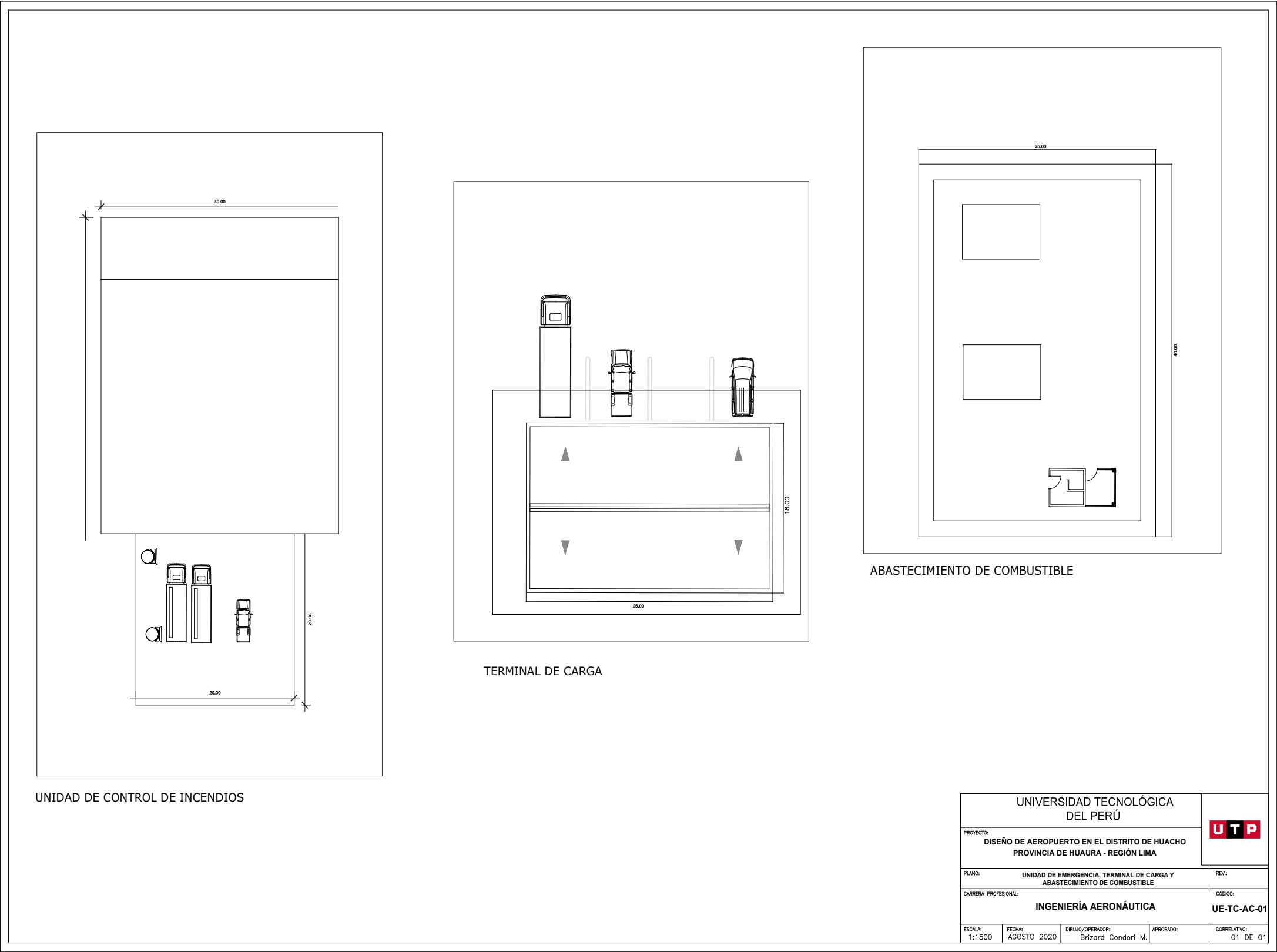
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ				
PROYECTO: DISEÑO DE AEROPUERTO EN EL DISTRITO DE HUACHO PROVINCIA DE HUAURA - REGIÓN LIMA				
PLANO: EDIFICIO TERMINAL Y ESTACIONAMIENTO				REV.:
CARRERA PROFESIONAL: INGENIERÍA AERONÁUTICA				CÓDIGO: PET y PE-1
ESCALA: 1:4000	FECHA: AGOSTO 2020	BACHILLER Brizard Condori M.	APROBADO:	CORRELATIVO: 02 DE 06

ANEXO 3
Plano de aviación general, hangar y torre de control.

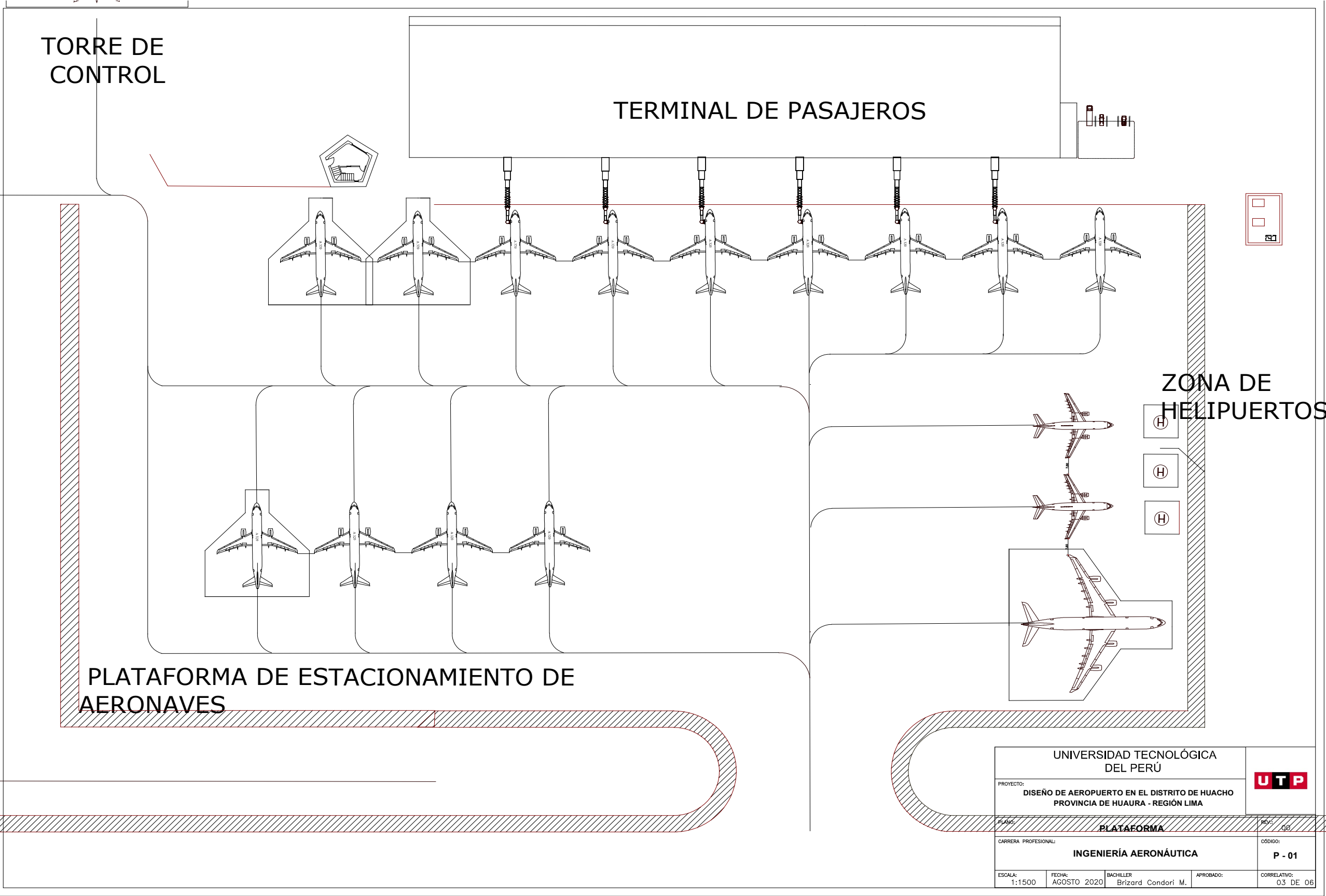


ANEXO 4

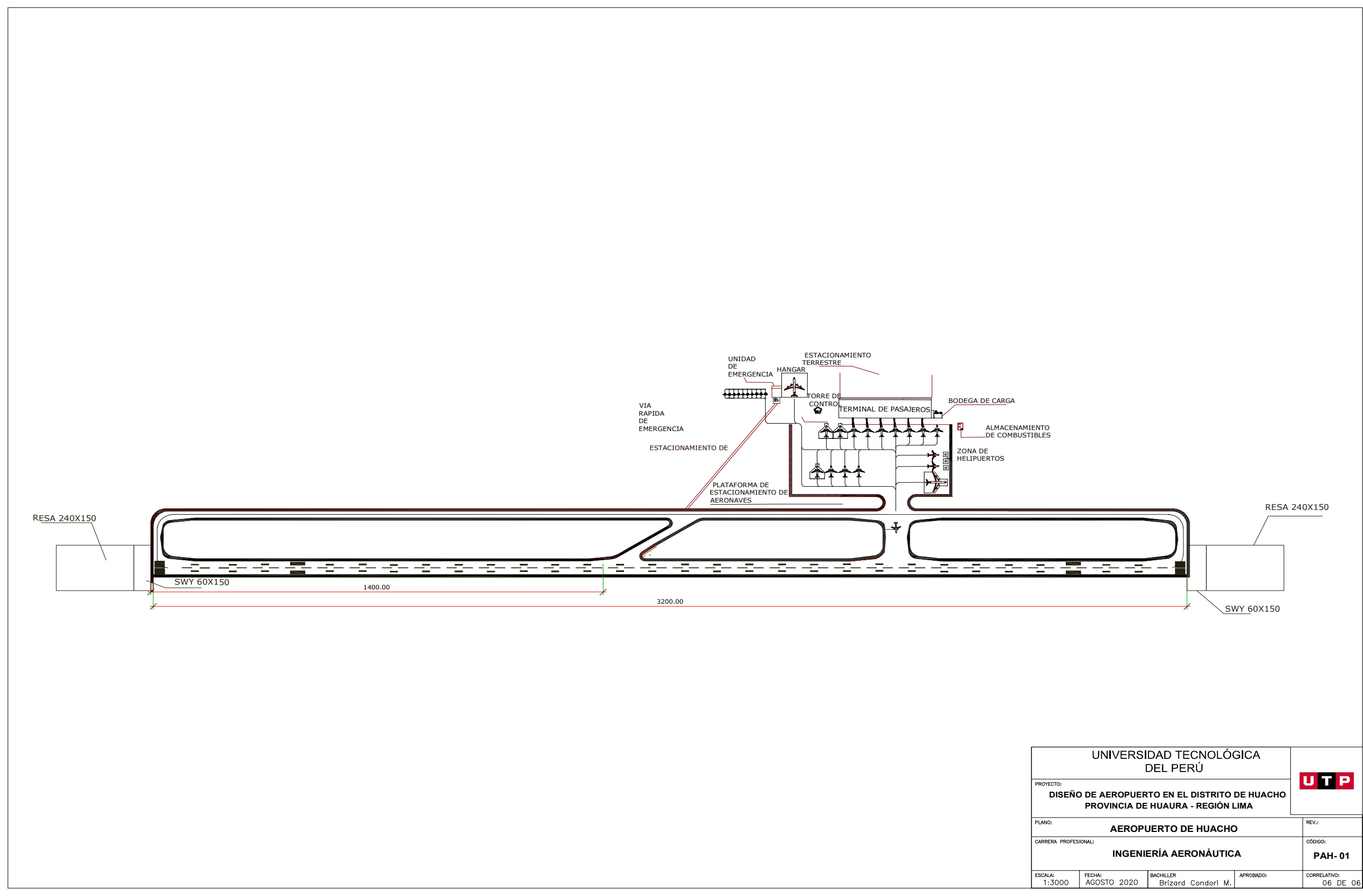
Plano de Unidad de emergencia, terminal de carga y abastecimiento de combustible.



ANEXO5
Plano de la Plataforma.



ANEXO 6
Plano del aeropuerto de Huacho



BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. C. Barrantes Basset, *Anteproyecto Arquitectónico del Edificio Terminal del Aeropuerto Local de Corn Island, Nicaragua*, tesis, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua, 2010.
- [2] R. J. Moreno Yagüe, *Rehabilitación del aeródromo de Tablada para uso deportivo, ocio e institucional. Museo aeronáutico*, tesis, Departamento de Ingeniería de Diseño Escuela Técnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla, España 2016.
- [3] D. Z. Rosales Zelada, *Aeropuerto Fronterizo en Esquipulas y Chiquimula*, tesis, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2007.
- [4] E. J. Muñoz Maireles, *Diseño de campo de vuelos aeropuerto de Antequera*, proyecto fin de carrera, Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería, Universidad Sevilla, Sevilla, España, 2012.
- [5] H. Ureta Gonzales, *Evaluación de Impacto Ambiental de Infraestructura Aeroportuaria*, tesis, Departamento Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2016.
- [6] J. Salguera Ruiz, *Plan de Ampliación de la Plataforma de estacionamiento de aeronaves del aeropuerto Lleida-Alguaire*, proyecto fin de carrera, Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería, Universidad Politécnica de Catalunya, Catalunya, España, 2012.

- [7] O. D. Rodríguez Domínguez, *Análisis de Plan Maestro del Aeropuerto Internacional de Toluca, para determinar el espacio territorial requerido para el desarrollo máximo*, P.I de O, Escuela Superior de Ingeniería, Instituto Politécnico Nacional, México, 2014.
- [8] P. Saucedo Ortega, *Diseño y aplicación de una metodología para la elaboración de un plan director de aeropuerto. Aplicación a la provincia de Cádiz*, proyecto de Fin de Carrera, Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla, Sevilla, España 2014.
- [9] A. Lujan Caballero, *Aeropuerto Nacional de Alto mayo (Moyobamba – Rioja) San Martín - Perú*, tesis, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú, 2014.
- [10] Y. D. Vargas Vargas, *Reubicación del Aeropuerto Crnl. Fap. Carlos Ciriani - Santa Rosa por Riesgo Inminente y el Diseño de un Nuevo Aeropuerto Internacional en La Provincia de Tacna, año 2015*, tesis, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú, 2015.
- [11] *Guía para la aplicación de una metodología común para el cálculo de capacidad de aeropuerto y sectores ATC para la región SAM*, OACI RLA/06/901, OACI, Lima, Perú, 2009.
- [12] S. Salcedo Du Bois, *Aeropuerto Nacional de Lima*, tesis, Facultad de Arquitectura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, 2009.
- [13] S. Novoa Arévalo, *Aeropuerto Internacional del Cuzco*, tesis de grado, Facultad de Arquitectura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2003
- [14] H. W. Silva García, *Estudio de Ingeniería Mejoramiento del aeródromo de Breu - Ucayali*, Informe de Tesis, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Ricardo Palma, Lima, 2011.

[15] H. W. Silva García, “Construcción de un aeródromo para uso público, así como las instalaciones necesarias para el desarrollo de actividades formativas de la aviación civil, en el distrito Grocio Prado, Provincia Chíncha – Ica”, Serconsult S.A., Lima, 2011

[16] S. Gómez Garro y C.A. Castaño Saldarriaga, *Infraestructura aeroportuaria en Colombia: ¿Cuál es su importancia en la competitividad del país?*, trabajo de grado, Escuela de Economía, Administración y Negocios, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín/Colombia, 2015.

[17] Ministerio de Economía y Finanzas. “Plan Nacional de Infraestructura para la competitividad”. [Internet]. Disponible en:

https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_privada/planes/PNIC_2019.pdf

[18] É. Jiménez y E. Café, “Planificación y gestión aeroportuaria en un nuevo contexto regulatorio”, en *Gestión y regulación de infraestructura aeroportuaria sostenible*, Lima/Perú, 2020 ,24. 44.

[19] B. Sánchez Pavón, “Sistemas aeroportuarios, servicio público e iniciativa privada” CEPAL (Naciones Unidas), 2011, Santiago de Chile, 2011, 83.

[20] É. Jiménez y E. Café, “Infraestructura aeroportuaria: Procesos e indicadores de gestión”, en *Gestión y regulación de infraestructura aeroportuaria sostenible*, Lima/Perú, 2020, 31, 51.

[21] C. M. Giraldo Velázquez, A. S. Valderrama Castañeda, S. Zapata Aguirre “Tipo de propiedad y su relación con la eficiencia, “Las *Infraestructuras aeroportuarias*”, Revista Ingenierías Universidad de Medellín, Medellín, julio-diciembre de 2015, Colombia: pp. 179-194.

[22] ICAO. (17-06-2013). “Planes Maestros / Capacidad aeroportuaria”. [Internet] Disponible en:

<https://www.icao.int/SAM/Documents/NAIDP-AMP1/MASTER%20PLAN%203.pdf>

[24] CORPAC. (2020). "AIRAC AMDT 18/14 DE LA AIP PERU". [Internet]. Disponible en:
<http://www.corpac.gob.pe/Main.asp?T=5130>

[25] Lugares turísticos Huacho. (2015). "HUACHO". [Internet]. Disponible en:
<http://lugareshuacho.blogspot.com>

[26] Weather Spark. (2020). "Clima Promedio en Huacho". [Internet]. Disponible en:
<https://es.weatherspark.com/m/20451/3/Tiempo-promedio-en-marzo-en-Huacho-Per%C3%BA>

[27] INEI. (2017). "POBLACION Y VIVIENDA". [Internet]. Disponible en:
<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda>

[28] MTC. (2020). "Estadística de la Dirección General de Aeronáutica Civil". [Internet]
Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/colecciones/235-estadistica-de-la-dgac>

[29] *Manual de Diseño de Aeródromos, Parte 1 Pistas*, tercera Edición, Organización de Aviación Civil Internacional, Canadá, 2006.

[30] CORPAC (2020), "AIRAC AMDT 18/14 DE LA AIP PERU". [Internet] Disponible en:
<http://www.corpac.gob.pe/Main.asp?T=5130>

[31] E. Valverde. (2015). "HUACHO". [Internet]. Disponible en:
<http://lugareshuacho.blogspot.com>

[32] Weather Spark (2020). "Clima Promedio en Huacho". [Internet]. Disponible en:
<https://es.weatherspark.com/m/20451/3/Tiempo-promedio-en-marzo-en-Huacho-Per%C3%BA>

[33] INEI (2017). "POBLACION Y VIVIENDA". [Internet]. Disponible en:
<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda>

[34] MTC (2020). "Estadística de la Dirección General de Aeronáutica Civil". [Internet] Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/colecciones/235-estadistica-de-la-dgac>

[35] *Manual de Diseño de Aeródromos, Parte 1 Pistas*, Tercera Edición, Organización de aviación Civil Internacional, Canadá, 2006.

[36] *Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning*, Edition 1983, AIRBUS SAS, France, 1983, Apr 01/20, pag.3

[37] Meteoblue. (2020). "Rosa de los vientos Huacho". [Internet]. Disponible en: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/windrose/huacho_per%c3%ba_3940002

[38] *Manual de Diseño de Aeródromos, Parte 2 Calle de rodajes, plataformas y apartaderos de espera*, Cuarta Edición, Organización de aviación Civil Internacional, Canadá, 2005.

[39] M. García Cruzado, *Ingeniería Aeroportuaria*, segunda edición, Madrid/España, Aula Documental de Investigacion,2000.

[40] *Airport Development Reference Manual*, 9th Edition, International Air Transport Association, Montreal – Geneva, 2004.

